



第3章 功率放大电路和功率变换电路

本章从功率的角度讨论功率放大电路所需考虑的因素和指标分析，并讨论了如何将交流电源转换为电子电路所要求的直流电源。

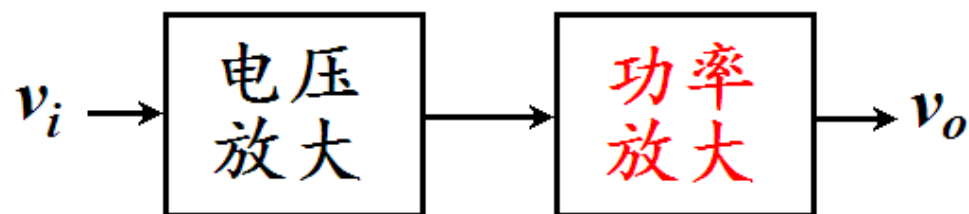
本章主要讨论：

- 低频功率放大电路
- 直流稳压电源电路



3.1 功率放大电路

- ✧ 在许多应用场合，不仅要求对电压进行放大，还要求对功率进行放大。或者说，不仅要求放大电路有足够大的输出电压，还要求有足够大的输出电流。
- ✧ 通常可以通过多级放大电路来实现。



- ✧ 与电压放大电路相比，功率放大电路有不同的特点、电路型式、分析方法和技术指标。

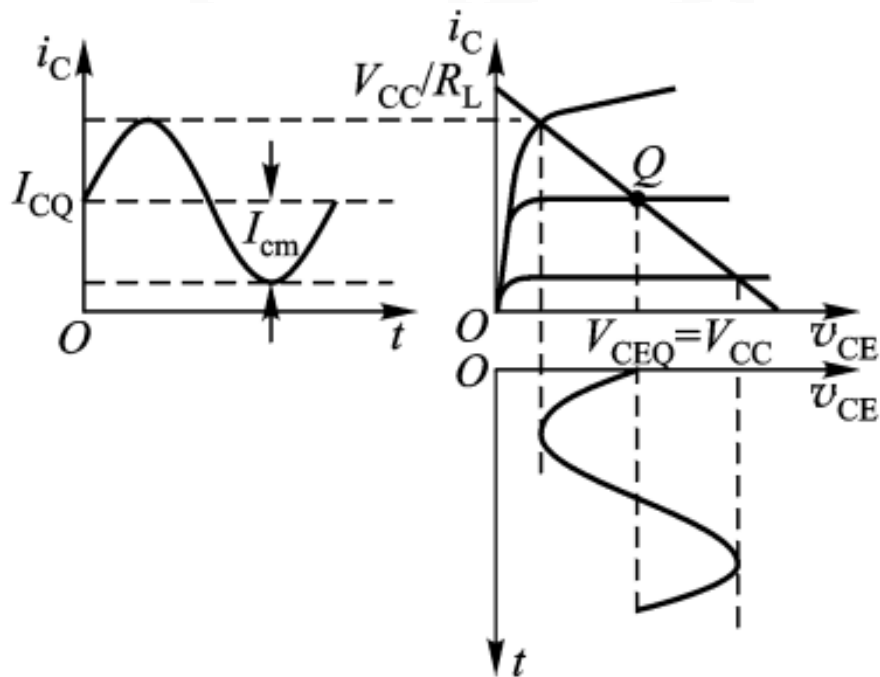
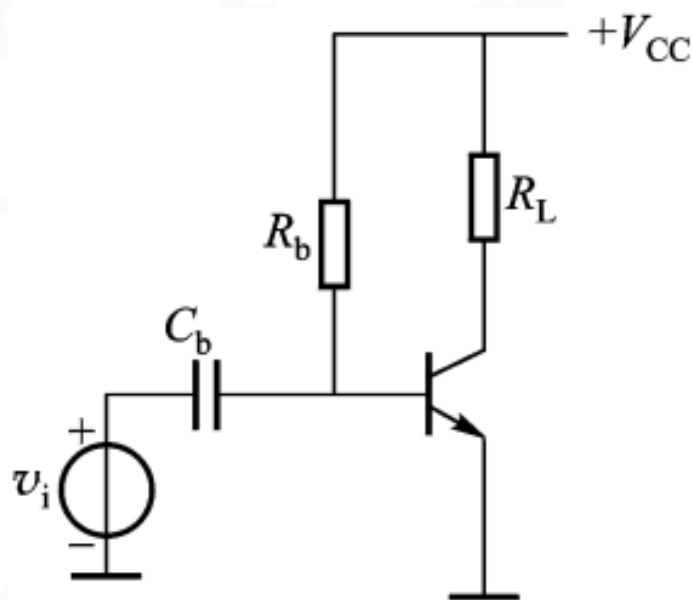


一、功率放大电路的主要特点

- ✧ 由于输出电压或输出电流的幅度较大，功率放大电路必须工作在大信号条件下，因而容易产生非线性失真。如何尽量减小输出信号的失真是首先要考虑的问题。
- ✧ 输出信号功率的能量来源于直流电源，应该考虑转换的效率。
- ✧ 半导体器件在大信号条件下运用时，电路中应考虑器件的过热、过流、过压、散热等一系列问题，并要有适当的保护措施。



二、甲类单管功率放大电路



➤ 静态偏置

✧ 静态偏置为交流负载线的中点

✧ $V_{CEQ} \approx V_{CC}/2$ $I_{CQ} \approx V_{CC}/(2R_L)$

✧ $V_{cem} \approx V_{CC}/2$ $I_{cm} \approx V_{CC}/(2R_L)$

效率

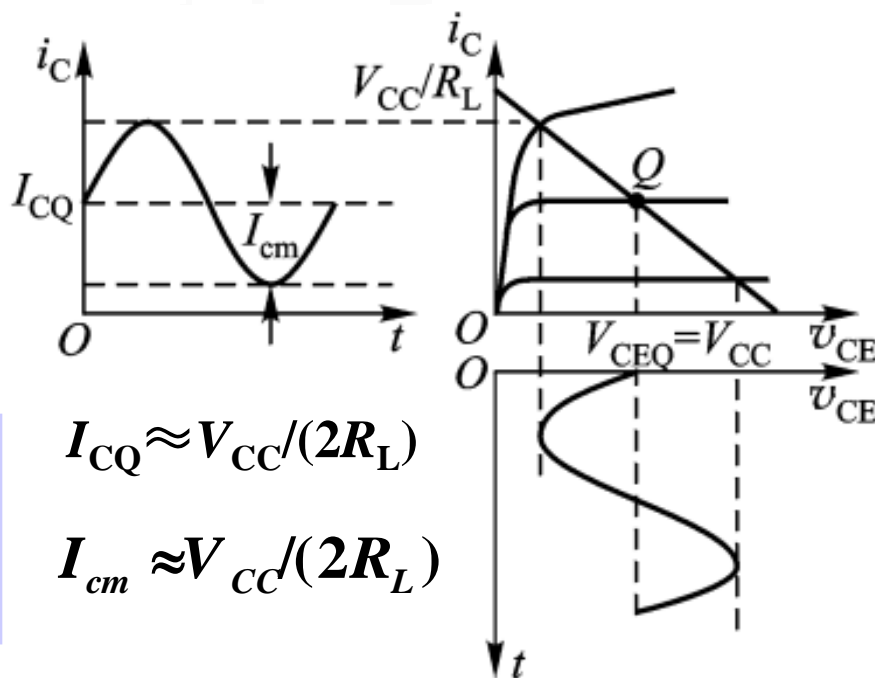
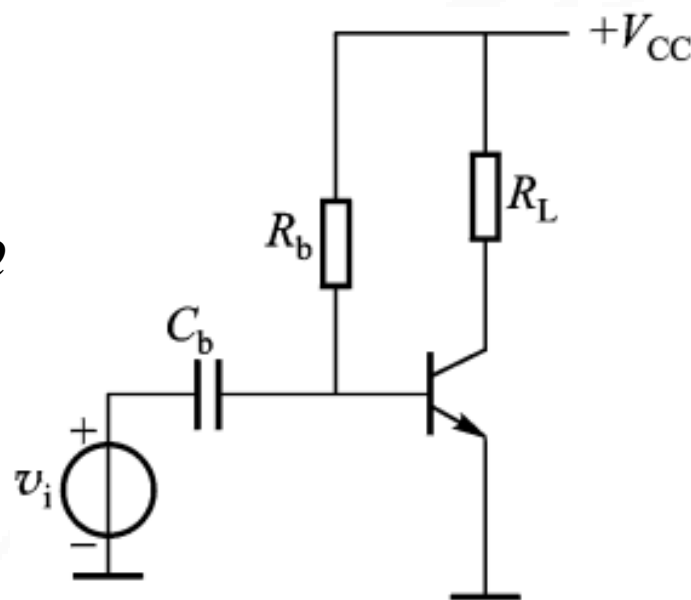
$$P_E = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} V_{CC} \cdot i_C d\omega t = V_{CC} I_{CQ}$$

$$P_O = \frac{1}{2} I_{cm}^2 R_L$$

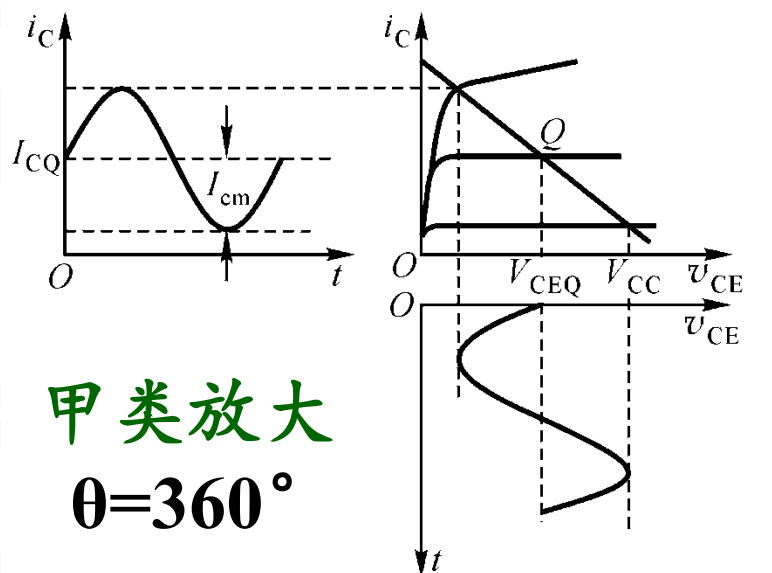
$$\eta = \frac{P_O}{P_E} = \frac{I_{cm}^2 R_L}{2V_{CC} I_{CQ}}$$

$$\eta_{\max} = \frac{V_{CC}^2 / (8R_L)}{V_{CC}^2 / (2R_L)} = 25\%$$

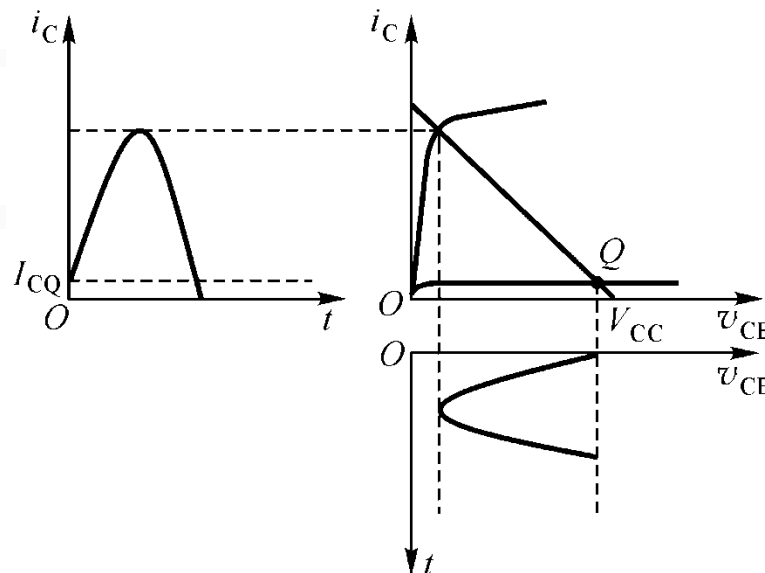
甲类功率放大器的
转换效率很低。



静态工作点设置对效率的影响

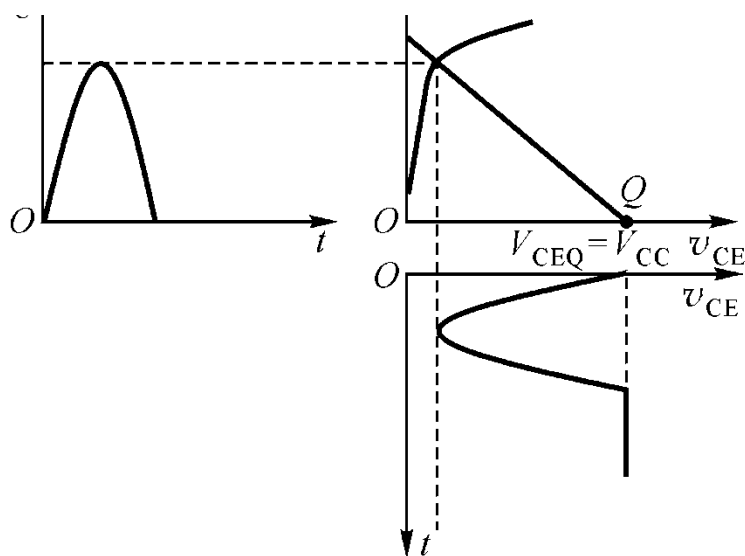


甲类放大
 $\theta=360^\circ$



甲乙类放大 $\theta=180^\circ \sim 360^\circ$

I_{CQ} 略大于 0



乙类放大 $\theta=180^\circ$

I_{CQ} 为 0



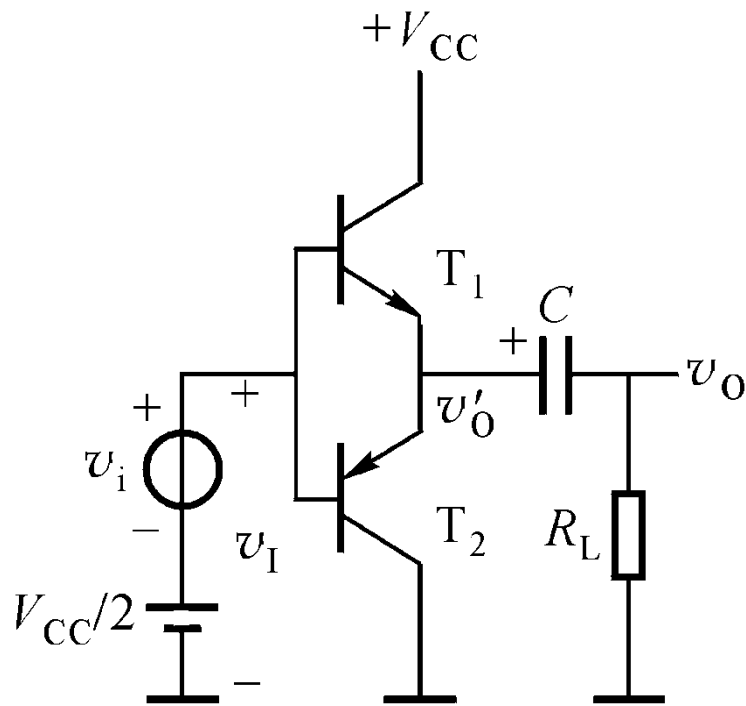
三、乙类双管功率放大电路

乙类功率放大器主要有**互补对称式**和**变压器耦合推挽式**两种类型。

1、互补对称式

✧ **单电源供电**的互补对称功率放大电路，又称**OTL**电路 (Output Transformerless)

✧ 由NPN和PNP管构成，但增加了一只大容量(几百~几千 μF)的电解电容器。

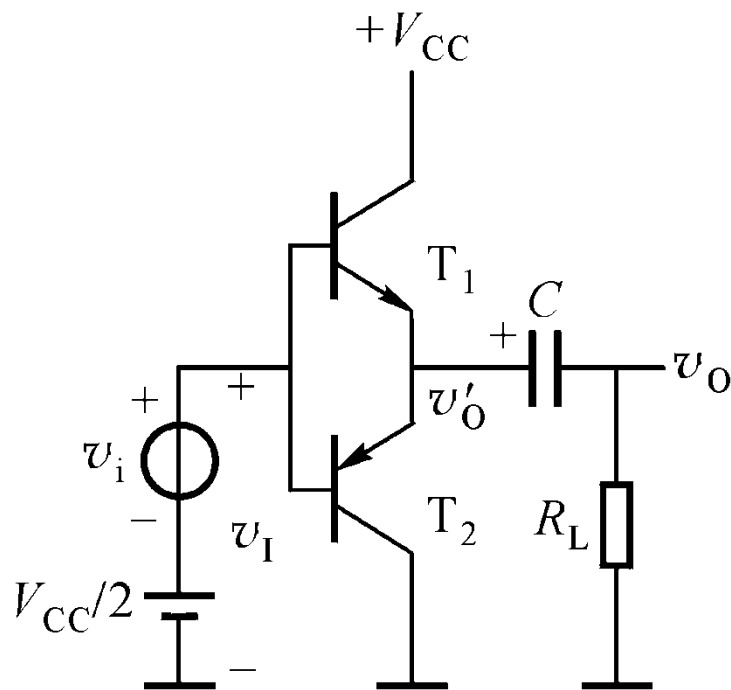


OTL功放



➤ OTL工作原理

- ✧ OTL电路要求输入端(T_1 、 T_2 基极)上的静态电压为 $V_{CC}/2$ ，即 $v_I = V_{CC}/2 + v_i$ 。
- ✧ 静态($v_i = 0$)时， T_1 、 T_2 管均截止， $v'_o = V_{CC}/2$ ， $v_C = V_{CC}/2$ ， $V_{OQ} = 0$ 。
- ✧ 正半周($v_i > 0$)时， T_1 导通， T_2 截止， $+V_{CC} \rightarrow T_1 \rightarrow C \rightarrow R_L \rightarrow \text{GND}$ 。电容充电。
- ✧ 负半周($v_i < 0$)时， T_1 截止， T_2 导通，电容放电(作为电源)， $C \rightarrow T_2 \rightarrow \text{GND} \rightarrow R_L$ 。



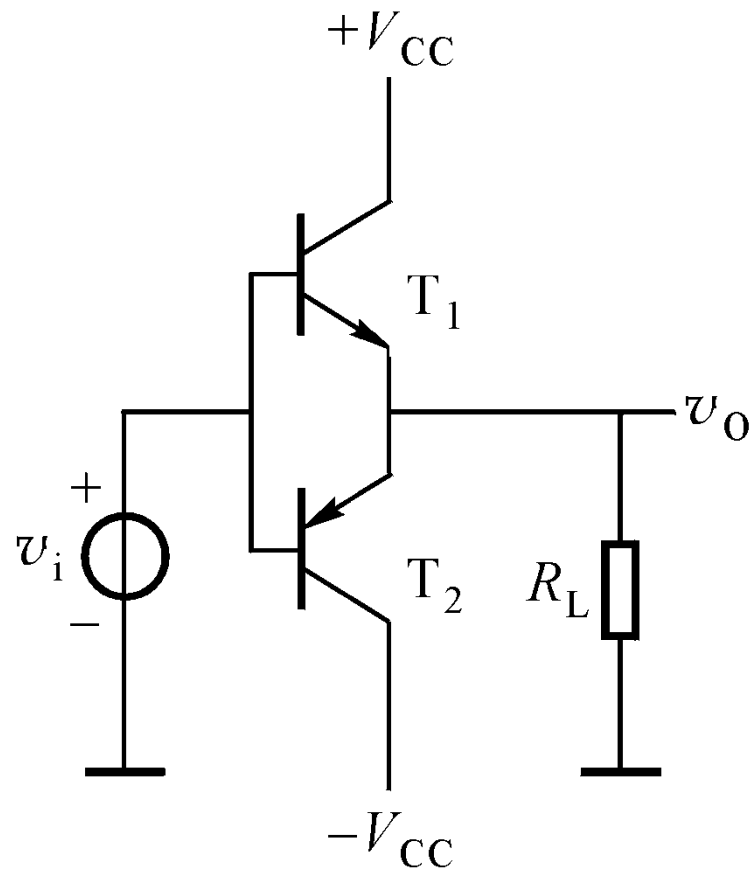
➤ OCL电路

✧ 双电源供电的互补对称功放电路，又称**OCL**电路 (Output Capacitorless)。

✧ 静态($v_i=0$)时， T_1 、 T_2 管均截止， $V_{OQ}=0$ 。

✧ 正半周($v_i>0$)时， T_1 管导通， T_2 管截止，
 $+V_{CC} \rightarrow T_1 \rightarrow R_L \rightarrow \text{GND}$

✧ 负半周($v_i<0$)时， T_1 管截止， T_2 管导通，
 $\text{GND} \rightarrow R_L \rightarrow T_2 \rightarrow -V_{CC}$

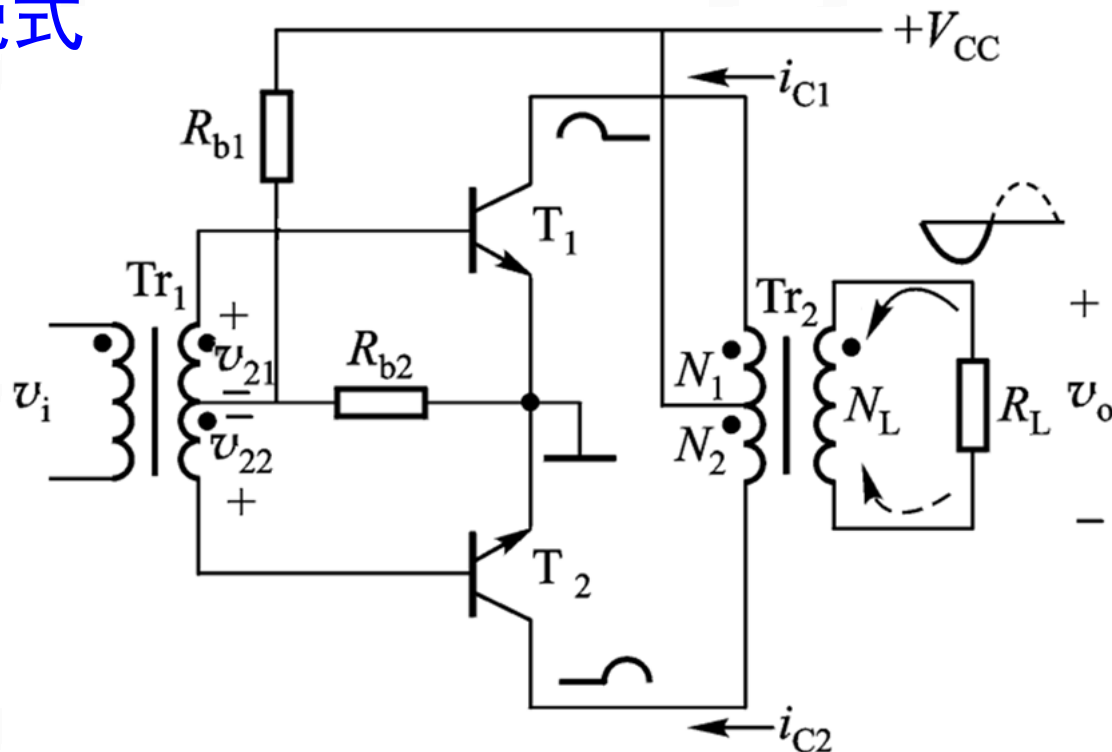


OCL功放

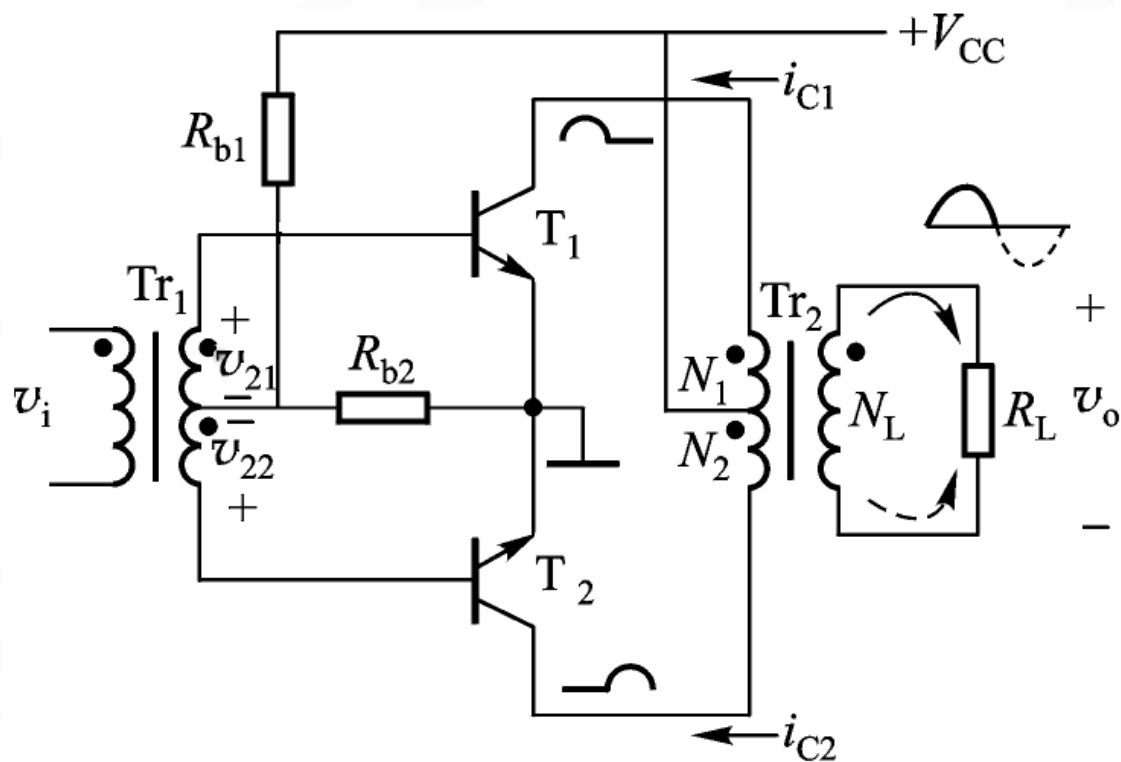
2、变压器耦合推挽式

✧ 正半周 ($v_i > 0$)
 时, v_{21} 为正,
 T_1 导通, v_{22} 为
 负, T_2 截止,
 输出负半周。

✧ 负半周 ($v_i < 0$)
 时, v_{21} 为负,
 T_1 截止, v_{22} 为
 正, T_2 导通,
 输出正半周。



Tr_1 、 Tr_2 为输入和输出变压器；
 T_1 、 T_2 为 **同类型** 对称推挽管；
 R_{b1} 、 R_{b2} 提供静态偏置，克服交
 越失真。



变压器耦合的突出优点是，通过改变变压器的变比，能找到一个**最佳的等效负载**(此时输出功率最大，且不失真)。并且，在不提高电源电压的条件下，可以使**输出电压幅度 V_{om} 超过电源电压**。

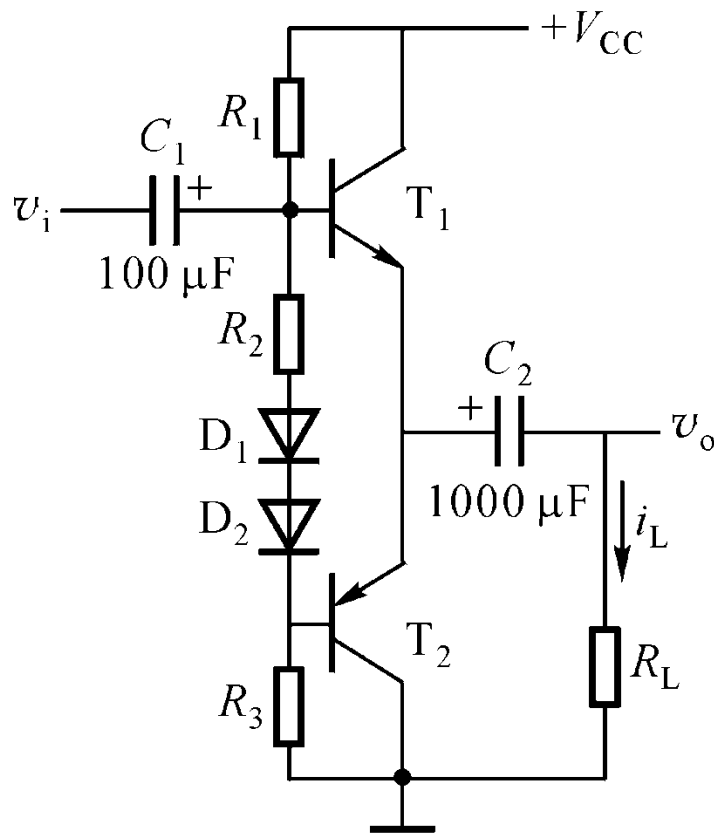
【例1】

OTL放大电路如图所示，设 T_1 、 T_2 特性完全对称， v_i 为正弦电压， $V_{CC}=12\text{ V}$ ， $R_L=10\ \Omega$ 。

(1) 静态时，电容 C_2 两端的电压应是多少？调整哪个电阻能满足这一要求？

(2) 若 D_1 、 D_2 短路，将会产生什么后果？

(3) 若 D_1 、 D_2 开路，将会产生什么后果？



【解】

(1) 静态时， C_2 两端电压为多少？如何调整？

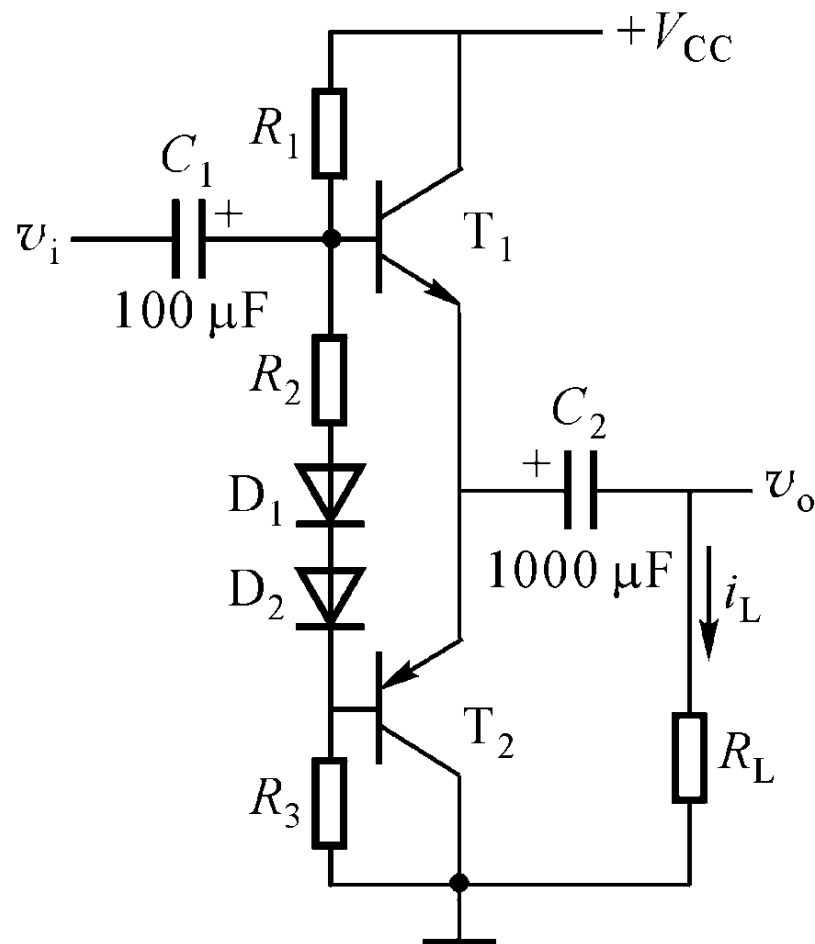
C_2 两端电压为 $V_{CC}/2 = 6\text{ V}$ ，应调整 R_1 或 R_3 。

(2) 若 D_1 、 D_2 短路，

则会出现交越失真。

(3) 若 D_1 、 D_2 开路，

则功放管可能会烧坏。





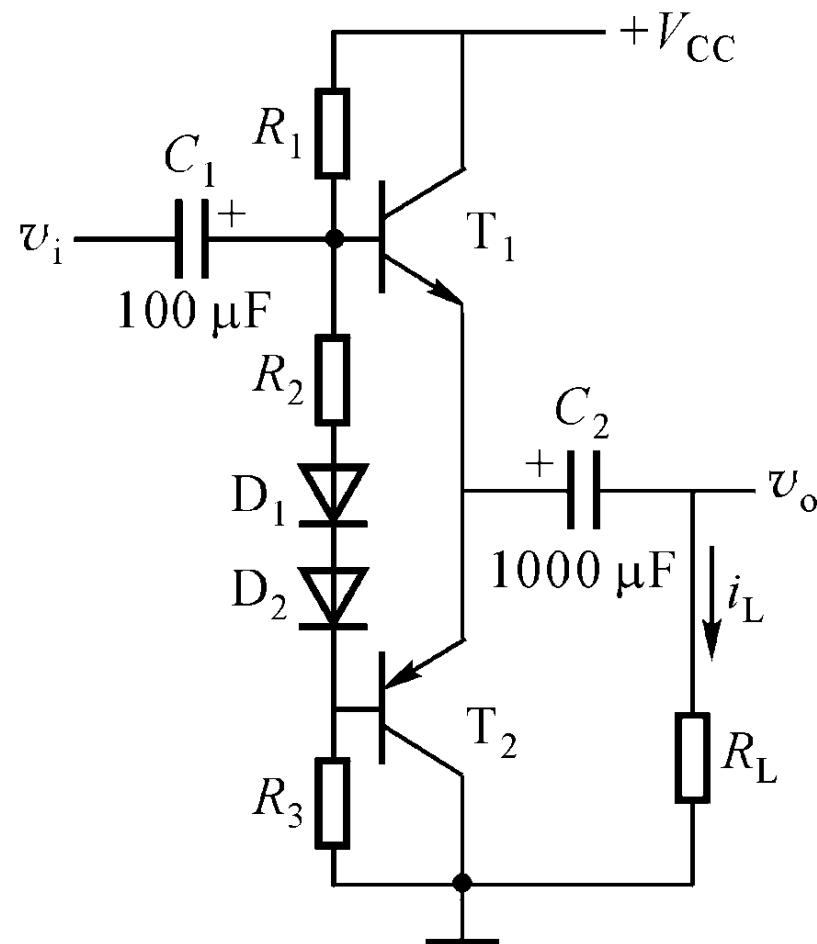
【示例】

设 $R_1=R_3=1.2\text{k}\Omega$,
 $\beta=50$, $P_{\text{cm}}=200\text{mW}$ 。

$$\begin{aligned} I_{B1} = I_{B2} &= \frac{V_{CC} - 2V_{BE}}{R_1 + R_3} \\ &= \frac{12 - 2 \times 0.7}{1.2 + 1.2} = 4.42\text{mA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{C1} = I_{C2} &= \beta I_{B1} \\ &= 50 \times 4.42\text{mA} = 220.8\text{mA} \end{aligned}$$

$$P_C = I_{C1} \cdot V_{CE1} = 220.8\text{mA} \times 6\text{V} = 1325\text{mW} > P_{\text{CM}}$$



四、功率放大电路的分析计算

1、功率放大电路的主要技术指标

以双电源互补对称式（OCL）功率放大电路为例。

➤ 输出功率 P_o

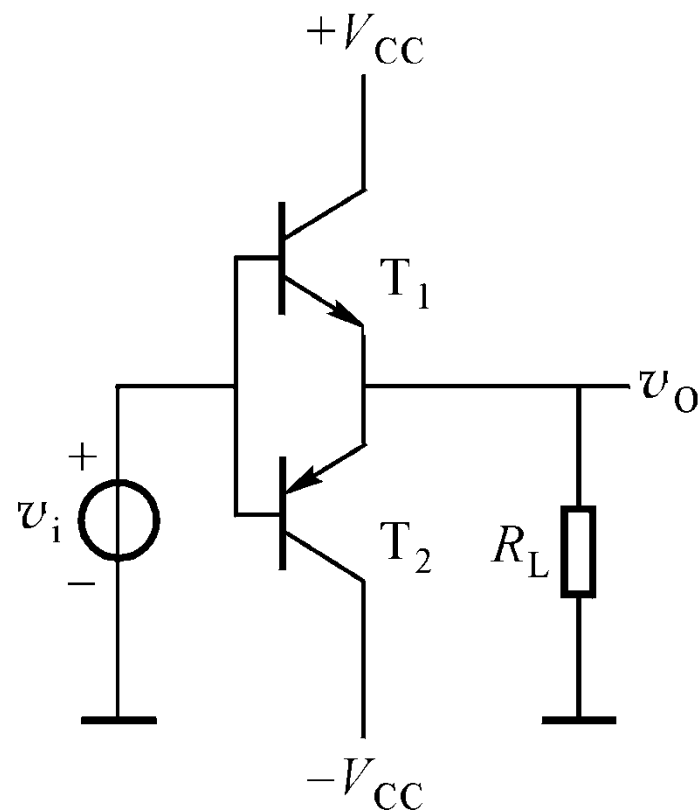
设输入： $v_i = V_{im} \sin \omega t$

则输出： $v_o = V_{om} \sin \omega t$

$$i_o = (V_{om} / R_L) \sin \omega t$$

输出功率：

$$P_o = V_o I_o = \frac{V_{om}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{I_{om}}{\sqrt{2}} = \frac{V_{om}^2}{2R_L}$$



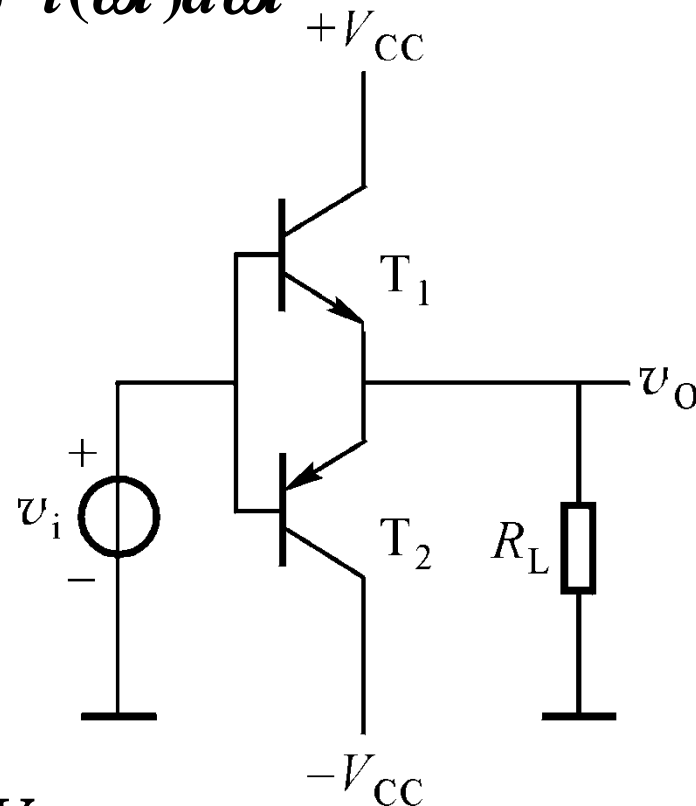
➤ 输出效率 η

平均功率的一般表达式：

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T v(t) \cdot i(t) dt = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} v(\omega t) \cdot i(\omega t) d\omega t$$

电源提供的平均功率：

$$\begin{aligned} P_E &= 2 \left[\frac{1}{2\pi} \int_0^\pi V_{CC} i_o d(\omega t) \right] \\ &= \frac{V_{CC}}{\pi} \int_0^\pi \frac{V_{om} \sin \omega t}{R_L} d(\omega t) \\ &= \frac{2V_{CC}V_{om}}{\pi R_L} \end{aligned}$$



输出效率：

$$\eta = \frac{P_o}{P_E} \times 100\% = \frac{\pi}{4} \frac{V_{om}}{V_{CC}}$$

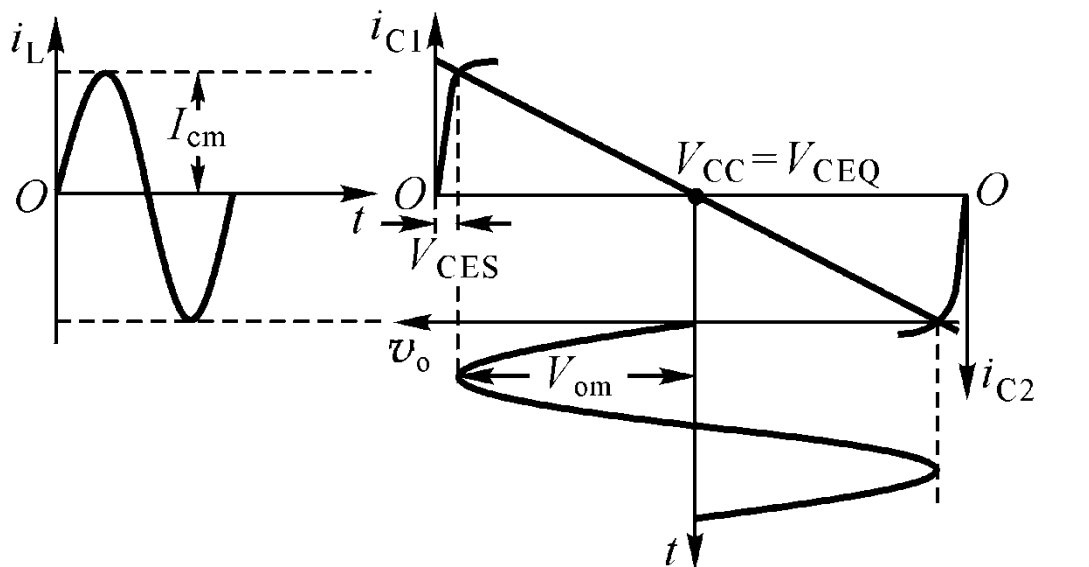
➤ 最大输出功率及最大效率

当信号输出幅度达到理想的最大值 $V_{om} \approx V_{CC}$ 时，输出功率达到最大，此时输出效率也最大。

$$P_{om} \approx \frac{V_{CC}^2}{2R_L}$$

$$P_E = \frac{2V_{CC}^2}{\pi R_L}$$

$$\eta_{\max} = \frac{P_o}{P_E} = \frac{\pi}{4} \approx 78.5\%$$



互补对称功放电路的工作波形

考虑功放管的饱和压降 V_{CES} 时， $V_{om} = V_{CC} - V_{CES}$ ，实际效率将小于 78.5% (一般为 60~70%)。

➤ 管耗 P_T

T_1 、 T_2 二管的总管耗为：

$$P_T = P_E - P_o = \frac{2V_{CC}V_{om}}{\pi R_L} - \frac{V_{om}^2}{2R_L}$$

为求最大管耗 P_{TM} ，对上式求导，并令 $dP_T/dV_{om}=0$ 。

$$\frac{dP_T}{dV_{om}} = \frac{2V_{CC}}{\pi R_L} - \frac{V_{om}}{R_L} = 0 \quad V_{om} = \frac{2V_{CC}}{\pi} \approx 0.64V_{CC}$$

$$\text{此时: } P_{TM} = \frac{2V_{CC}^2}{\pi^2 R_L} = \frac{4}{\pi^2} P_{om} \approx 0.4P_{om}$$

所以每个功放管的最大功耗为：

$$P_{T1M} = P_{T2M} = \frac{1}{2} P_{TM} \approx 0.2P_{om}$$

➤ 小结：OCL电路主要指标计算公式

输出功率： $P_o = \frac{V_{om}^2}{2R_L}$ V_{om} 指输出电压峰值

电源功率： $P_E = 2 \left[\frac{1}{2\pi} \int_0^\pi V_{CC} \frac{V_{om} \sin \omega t}{R_L} d(\omega t) \right]$

效率： $\eta = \frac{\pi V_{om}}{4 V_{CC}}$

管耗： $P_{T1} = P_{T2} = \frac{P_E - P_o}{2}$ $P_{T1M} = P_{T2M} \approx 0.2P_{om}$

P_{om} 指理想情况下的输出功率

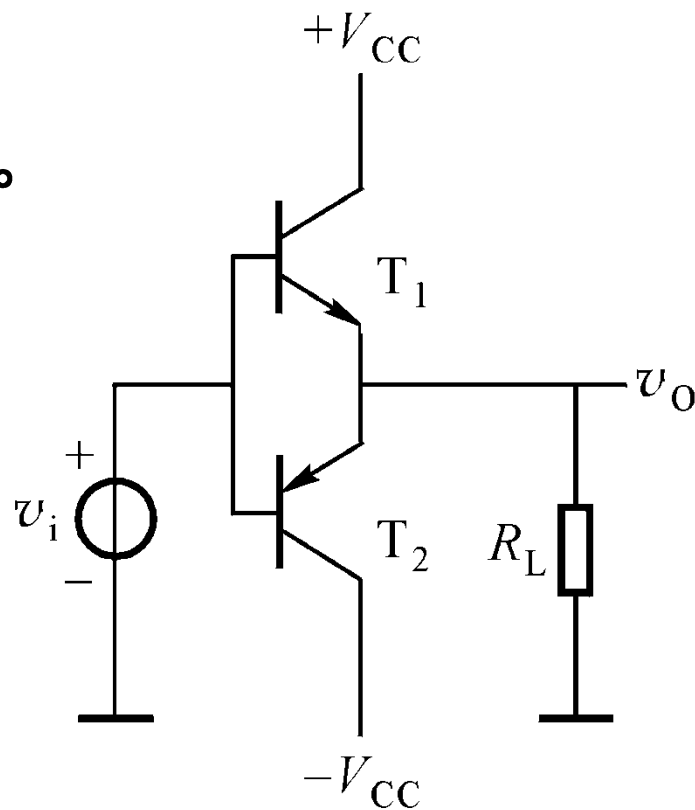
OTL电路工作原理与 OCL电路雷同，在计算时只需 $V_{CC}/2$ 代替 V_{CC} 即可。



2、功率管的选取

在互补对称功率放大电路中，功放管（OCL）必须按以下几点原则选取：

- (1) 管子的功耗 $P_{CM} > 0.2P_{omax}$ 。
- (2) 功放管的耐压 $V_{(BR)CEO} > 2V_{CC}$ 。
- (3) 功放管允许的最大集电极电流 $I_{CM} > V_{CC}/R_L$ 。



【例2】

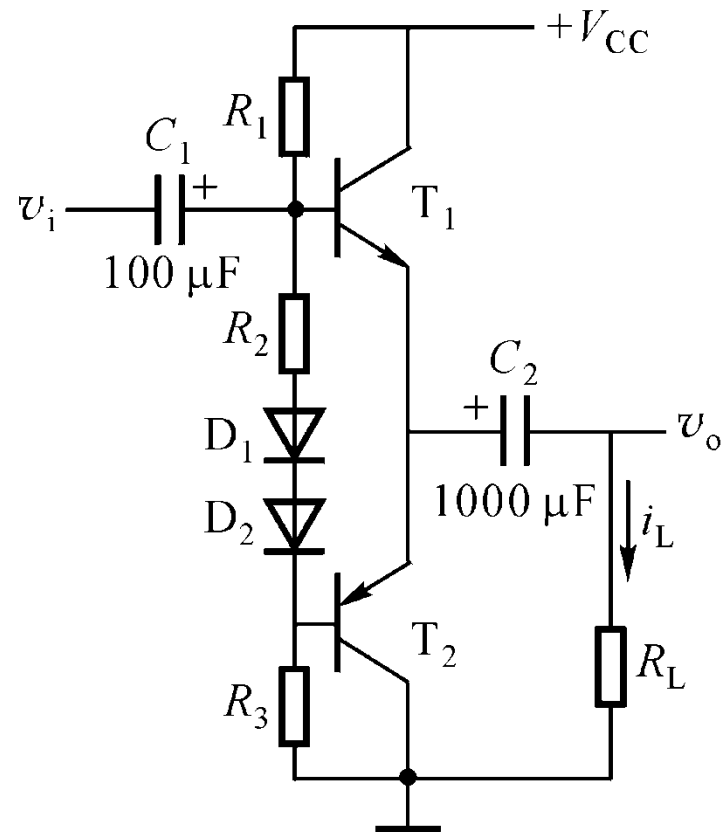
OTL放大电路如图所示， v_i 为正弦电压，设 $V_{CC}=12\text{ V}$ ， $R_L=10\ \Omega$ 。

(1) 每个管子允许的管耗 P_{CM} 至少应为多少？

(2) 每个管子的耐压

$|V_{(BR)CEO}|$ 至少应为多少？

(3) 每个管子的最大集电极电流 I_{CM} 至少应为多少？



【解】

(1) 求管耗 P_{CM}

$$P_{om} = \frac{(V_{CC} / 2)^2}{2R_L} = \frac{6^2}{2 \times 10} = 1.8 \text{ W}$$

$$P_{CM} > 0.2P_{om} = 0.36 \text{ W}$$

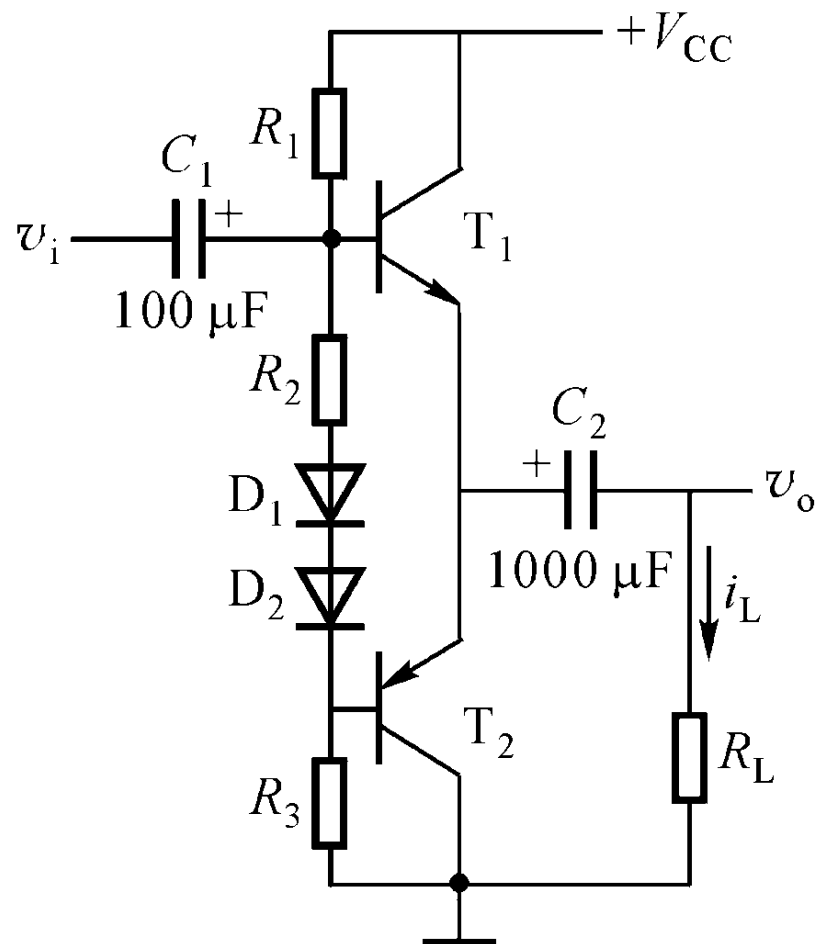
管耗 P_{CM} 至少为 0.36 W。

(2) 求耐压 $V_{(BR)CEO}$

$V_{(BR)CEO}$ 至少为 12V。

(3) 求最大集电极电流 I_{CM}

I_{CM} 至少为 0.6 A。





3、功放电路实际应用时需考虑的问题（自学）

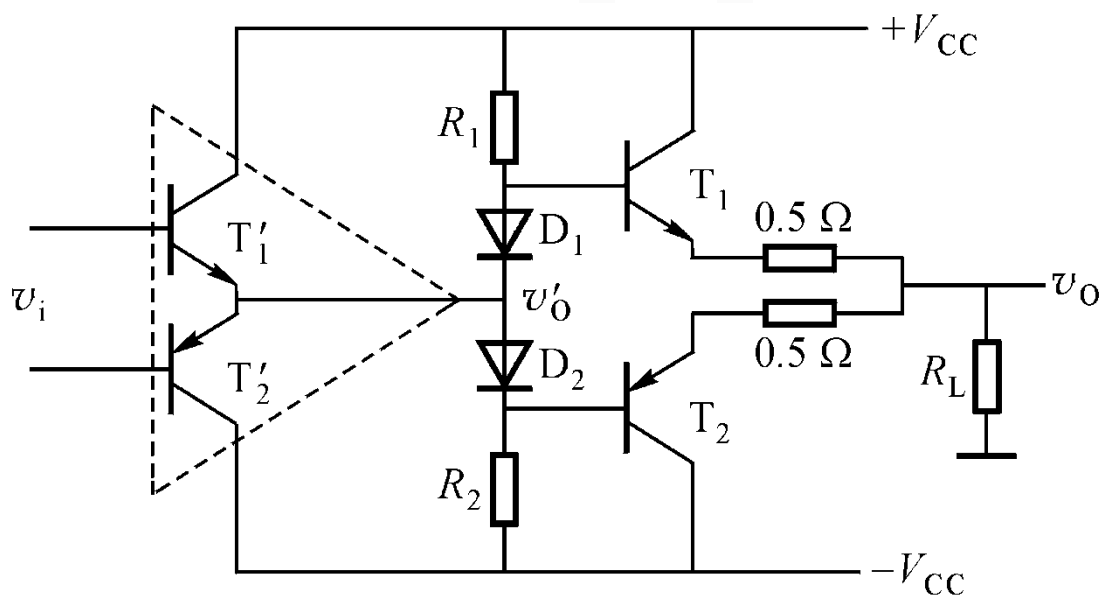
- (1) 功率管应该严格**配对**，大小工作电流时的 β 一致。
在大电流下饱和压降小，且一致。
- (2) 管子的**散热**问题。在大功率场合，必须给管子装上一一定尺寸的散热板，或进行风冷和水冷。
- (3) 功放管因在大电流、高电压下工作，应对其采取**过压和过流保护措施**。
- (4) 当电源质量不高或内阻较大时，电源内阻上的压降可能会引起功放电路的低频自激。消除低频自激的有效方法是在前置放大电路的供电回路中加**去耦滤波电容**。

五、集成功率放大器

1、集成运放的扩流与扩压

➤ 集成运放的扩流

在集成运放的输出端再加一级互补对称功放。利用 T_1 、 T_2 管子的电流放大作用，达到扩大输出电流的目的。



集成运放扩流电路

典型电路

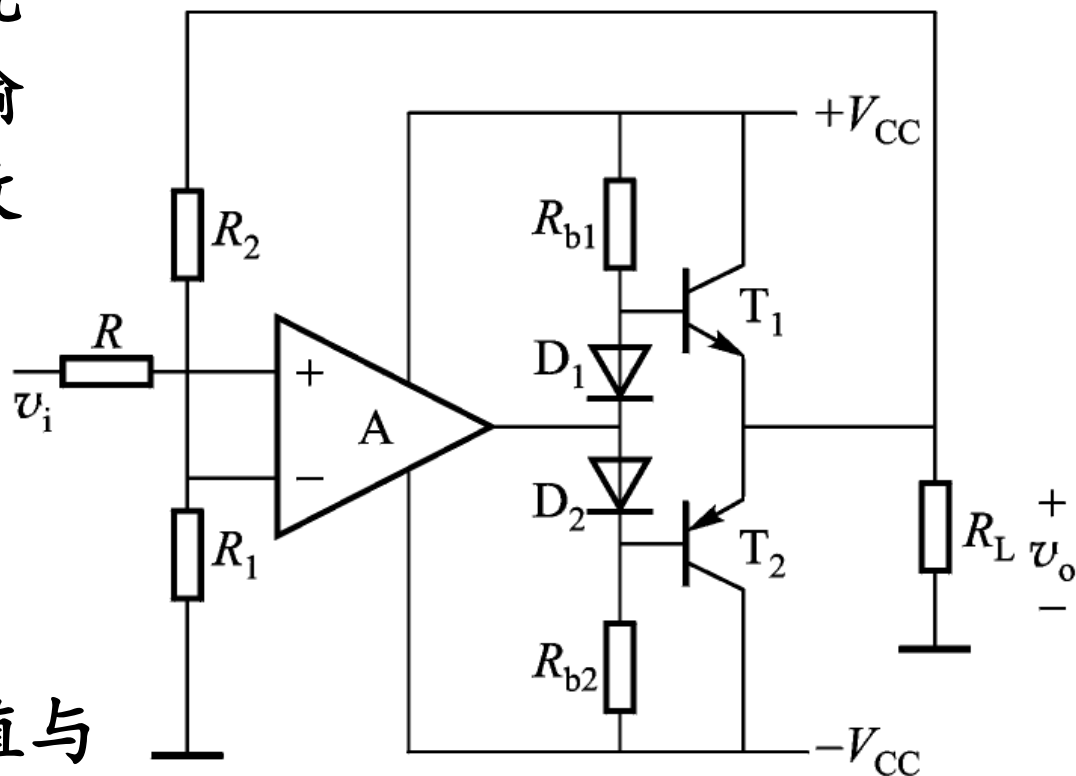
实际的功率放大电路通常由电压放大级和功率放大级组成，并引入**负反馈**以改善各方面的性能。

✧ 电压串联负反馈既可稳定静态时的输出零电位，又可改善动态特性。

✧ 闭环电压增益

$$A_{vf} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

✧ 最大输出电压幅值与运放的 V_{om} 相近。



➤ 集成运放的扩压（自学）

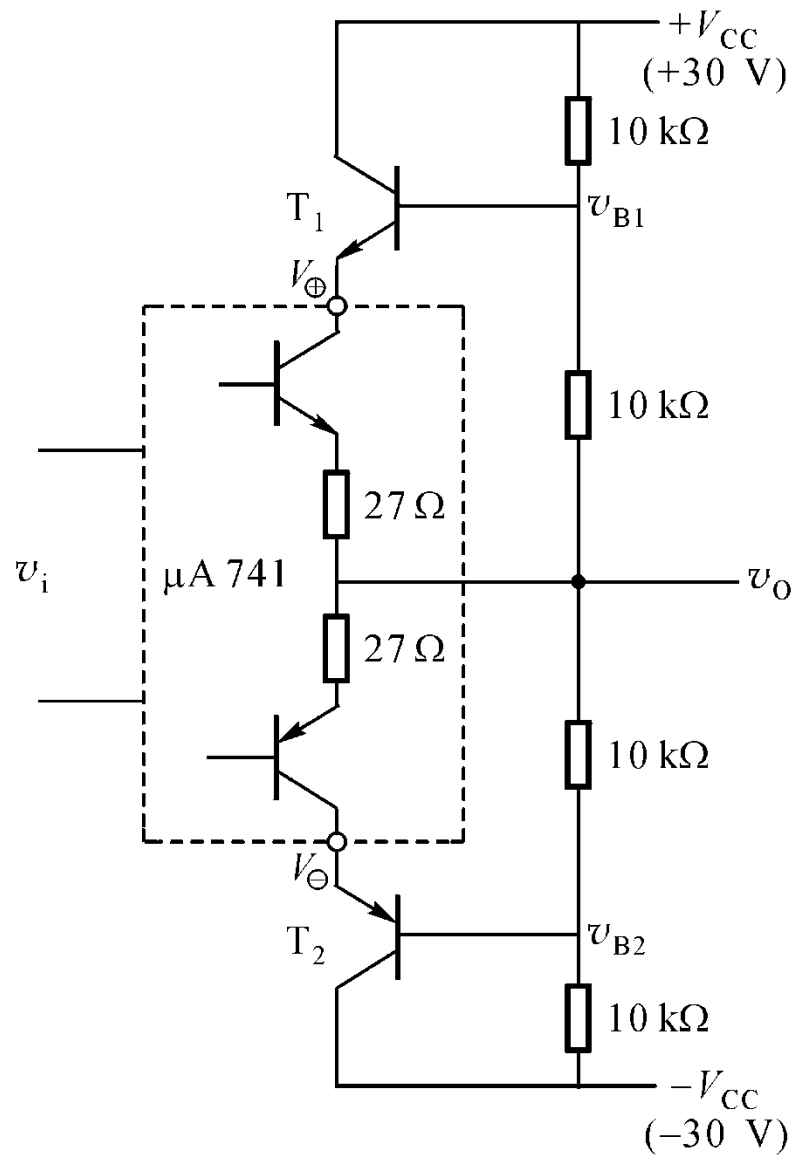
✧ 通用运放大多由15V供电，最大输出电压在12V左右。当要求输出幅度较高时，可采用**高压运放**，也可采用**扩压电路**来提高输出电压。

✧ 当 $v_i=0$ 时， $v_o=0$ 。

$v_{B1}=+15V$ ， $v_{B2}=-15V$ ，

$V_+=+14.3V$ ， $V_-=-14.3V$ ，

电压差为28.6V。



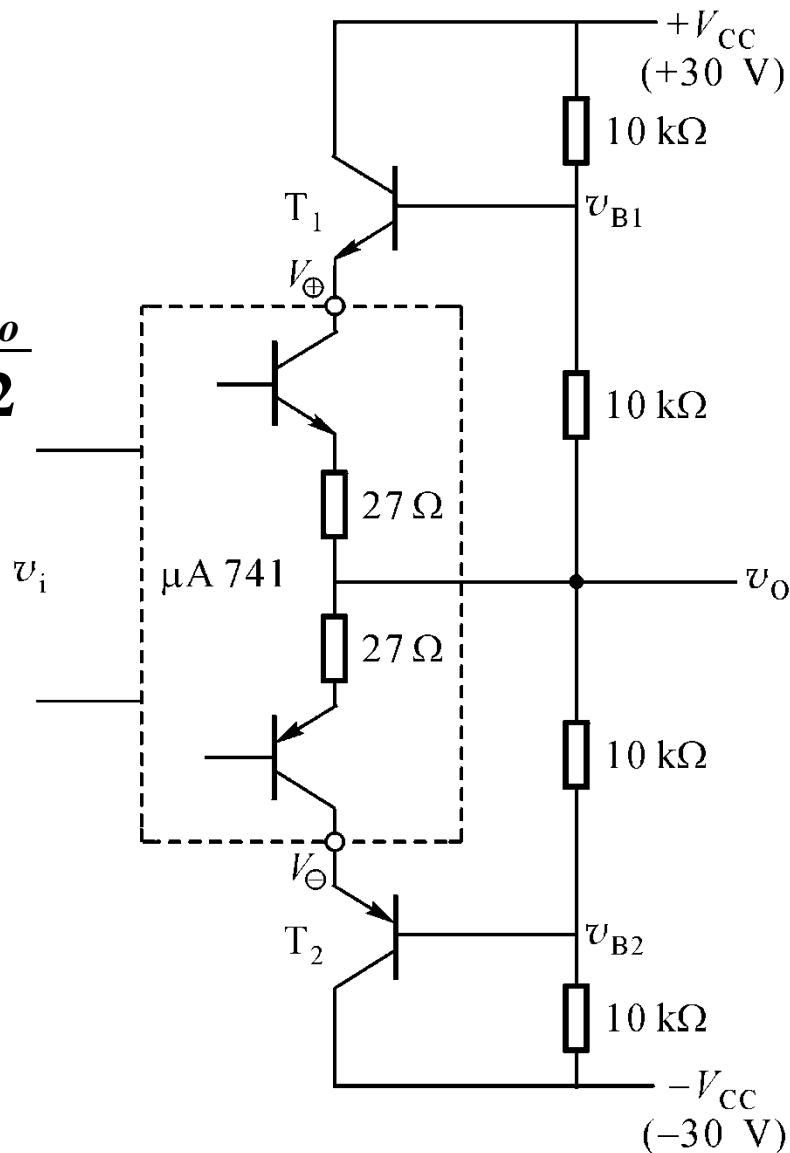
✧ 当加入信号 v_i 后,

$$v_{B1} = \frac{1}{2}(V_{CC} - v_o) + v_o = \frac{V_{CC}}{2} + \frac{v_o}{2}$$

$$v_{B2} = \frac{1}{2}(-V_{CC} - v_o) + v_o = -\frac{V_{CC}}{2} + \frac{v_o}{2}$$

$$\begin{aligned} V_+ - V_- &= (v_{B1} - v_{BE1}) - (v_{EB2} + v_{B2}) \\ &= \left(\frac{V_{CC}}{2} + \frac{v_o}{2}\right) - \left(-\frac{V_{CC}}{2} + \frac{v_o}{2}\right) - 1.4V \\ &= V_{CC} - 1.4V \\ &= 28.6V \end{aligned}$$

✧ 经扩压后的输出电压可达
 $\pm 24V$ 以上。



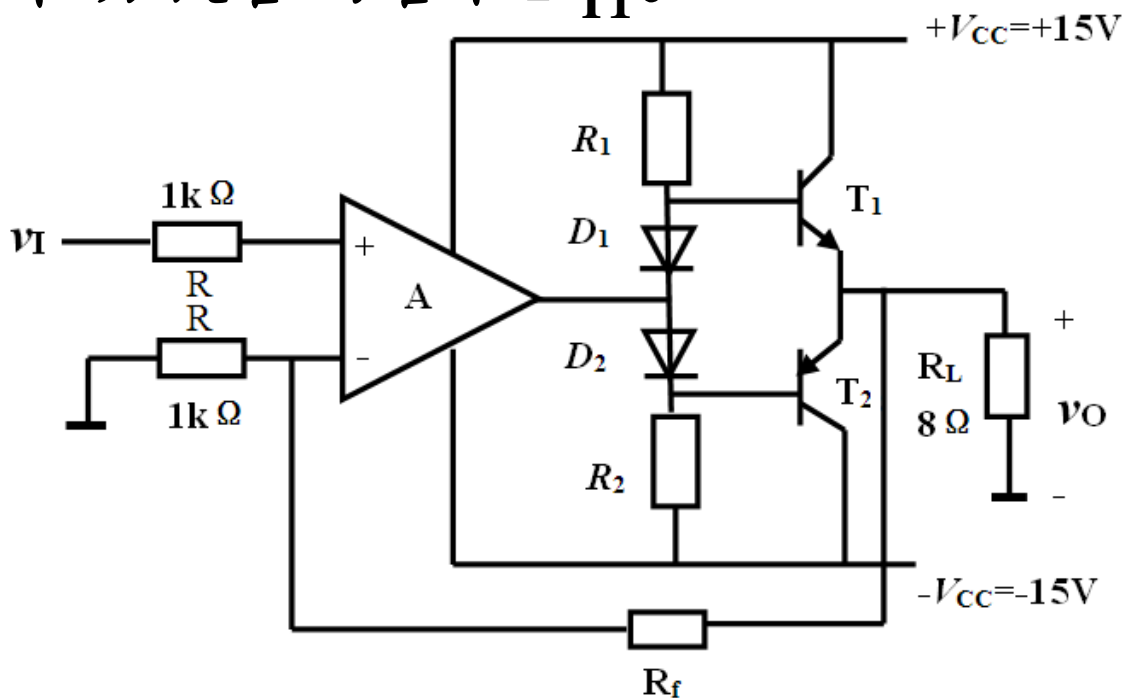


【例3】

图示电路，设 $V_{CC}=15\text{ V}$ ，运放最大输出电压幅度为 13 V ，若功放管 T_1 、 T_2 的饱和压降 $|V_{CES}|=1\text{ V}$ 。

(1) 若要求引入负反馈后 $A_{vf}=5$ ，求 R_f 的阻值。

(2) 估算电路的最大输出功率 P_{om} 、最大效率 η_{max} 及此时每个功放管的管耗 P_{T1} 。



【解】

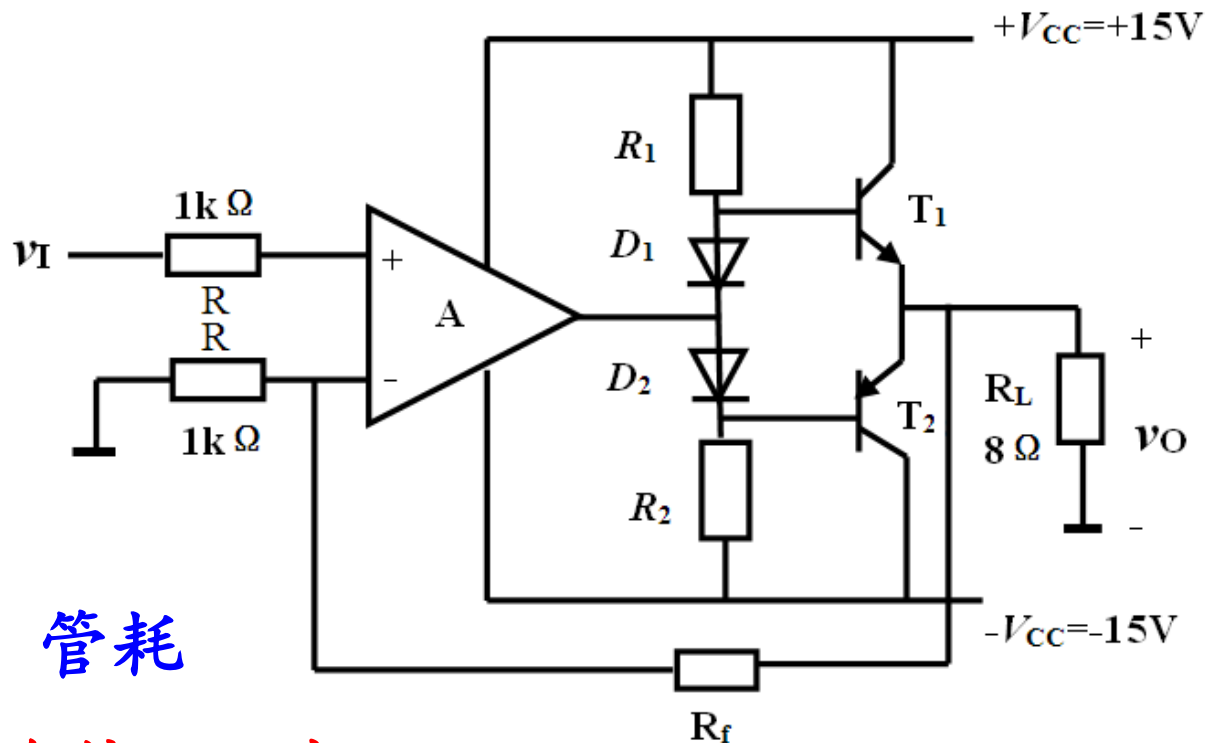
(1) 若 $A_{vf}=5$

$$A_{vf} = \frac{R + R_f}{R} = 5$$

$$R_f = 4 \text{ k}\Omega$$

(2) 求 P_{om} 、 η_{max} 、管耗

输出正弦波最大峰值 V_{om} 为 13V。



$$P_{om} = \frac{V_{om}^2}{2R_L} = \frac{13^2}{2 \times 8} = 10.56 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_o}{P_E} = 68\%$$

$$P_E = \frac{2V_{CC}V_{om}}{\pi R_L} = \frac{2 \times 15 \times 13}{\pi \times 8} = 15.52 \text{ W}$$

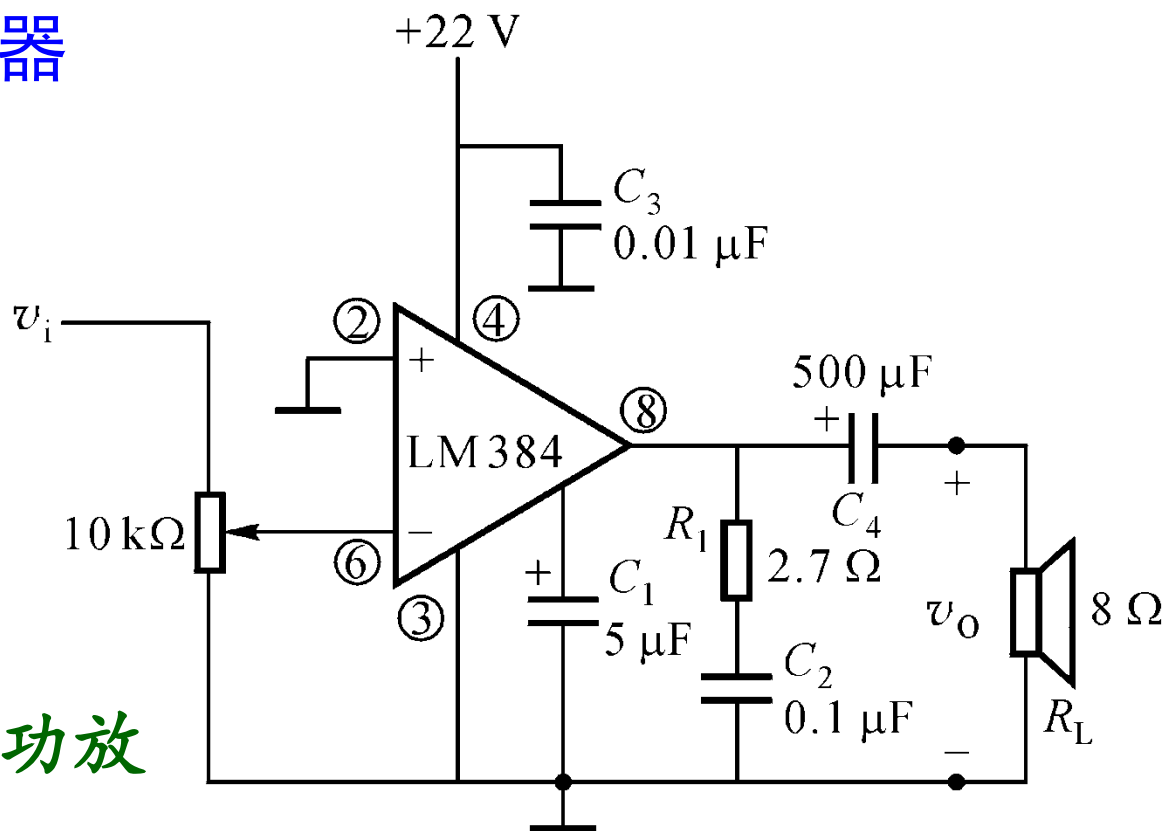
$$P_{T1} = \frac{P_E - P_o}{2} = 2.48 \text{ W}$$

2、集成功率放大器（自学）

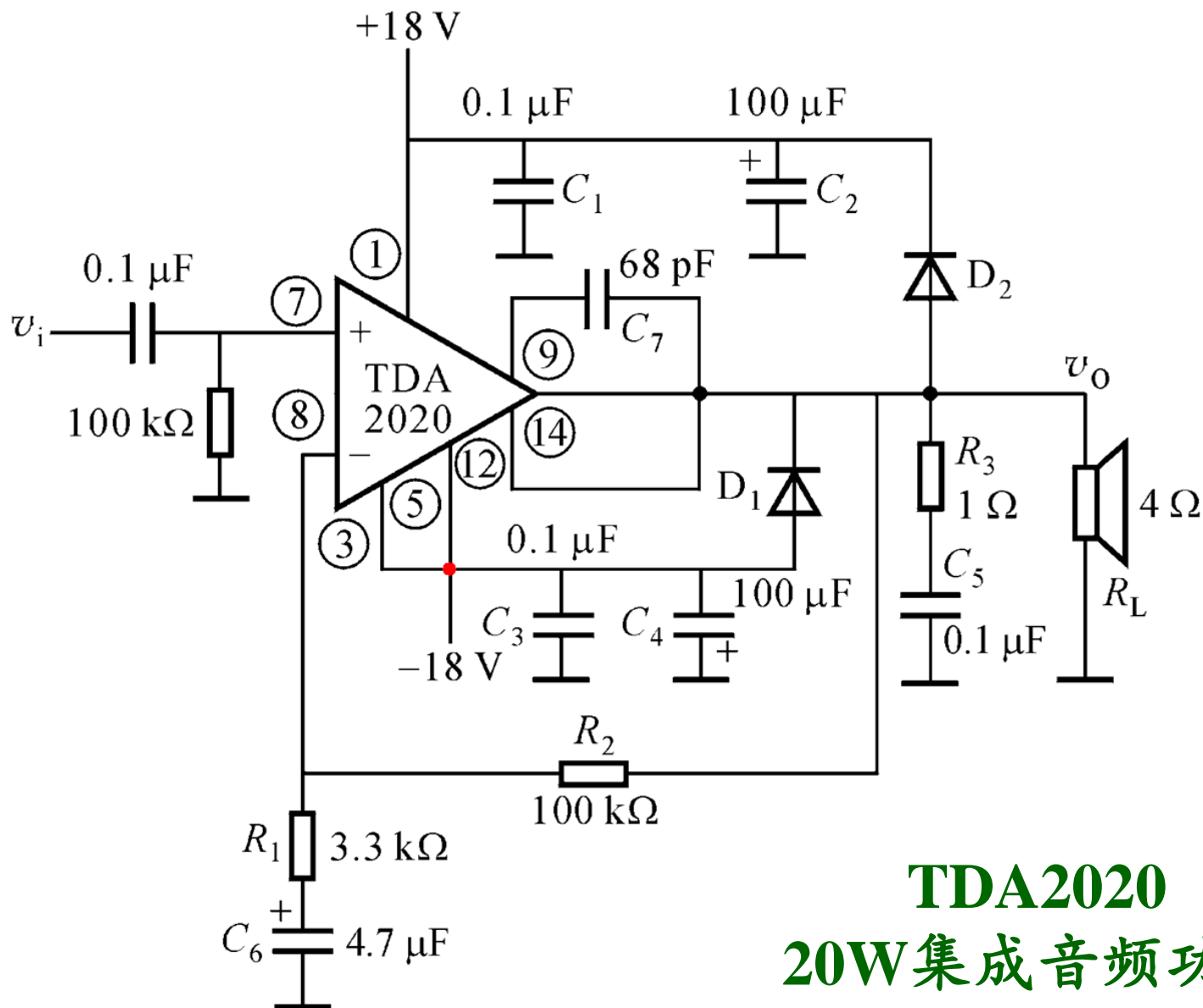
一般通用型集成运放的输出功率是很小的，如 $\mu A741$ 的输出功率仅为 **100mW** 左右。在需要较大功率场合，可选用集成功率放大器(4~20W)。

➤ 5W音频放大器

LM384
5W集成音频功放



➤ 20W音频放大器



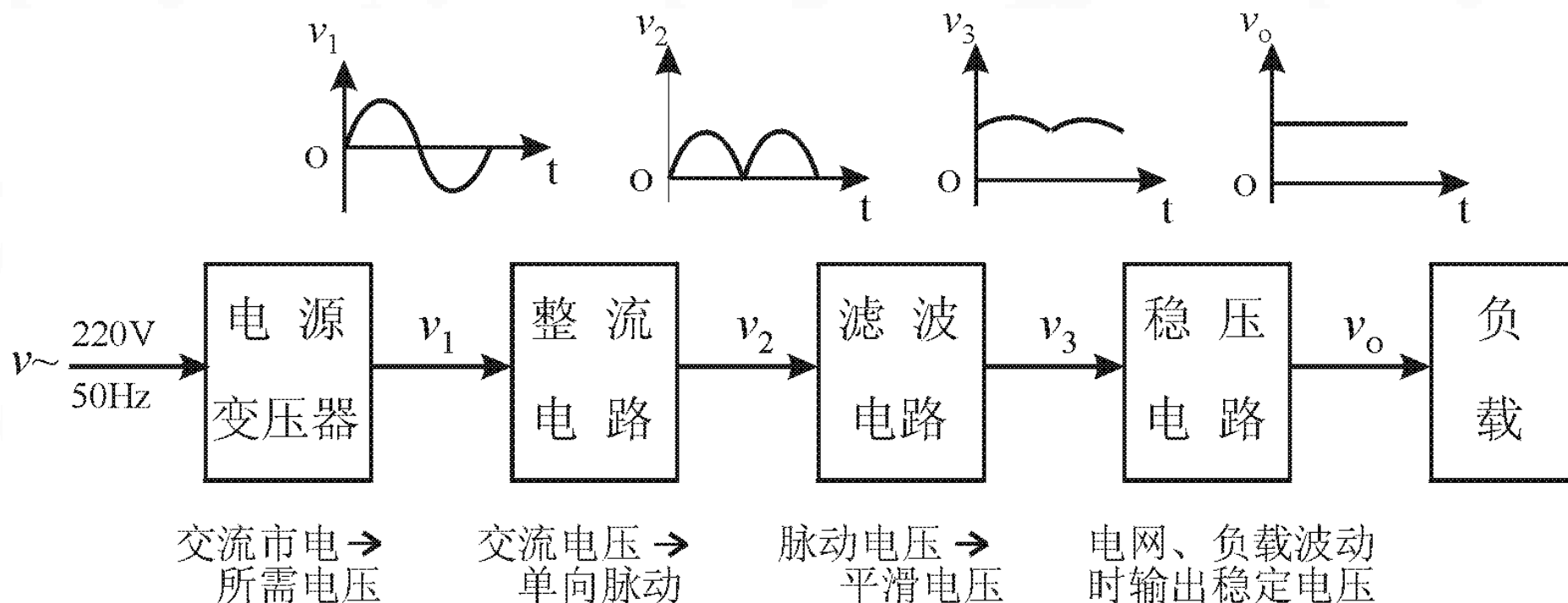
TDA2020
20W集成音频功放



3.2 基本AC/DC变换电路

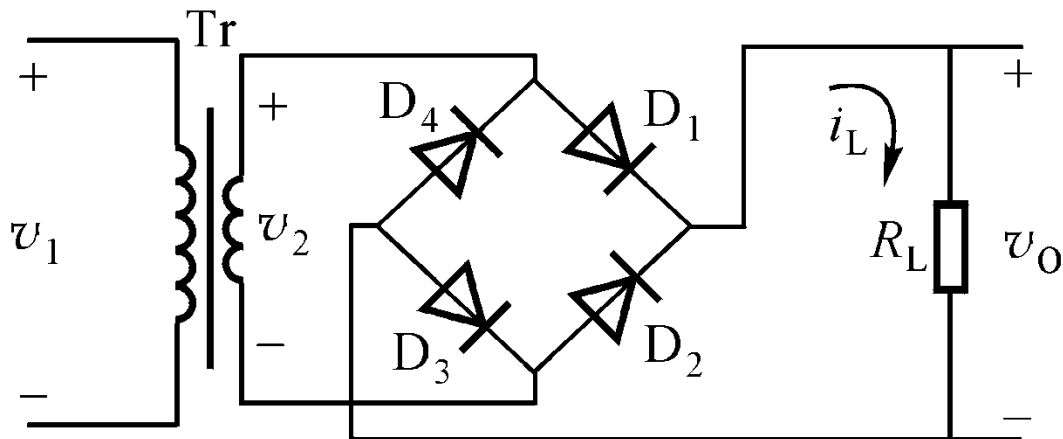
电子电路通常需要用直流电源供电，AC/DC变换电路将交流市电变换为直流稳压电源。

➤ 直流稳压电源的组成

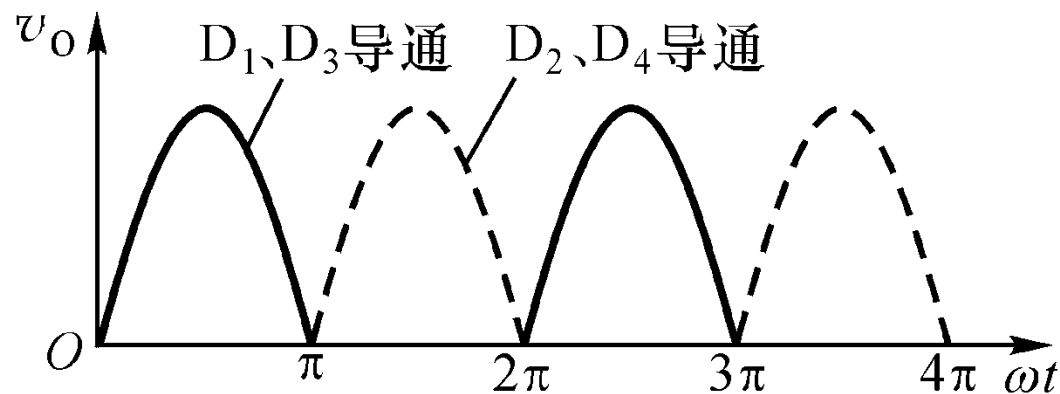


一、整流与滤波电路

➤ 全波桥式整流电路



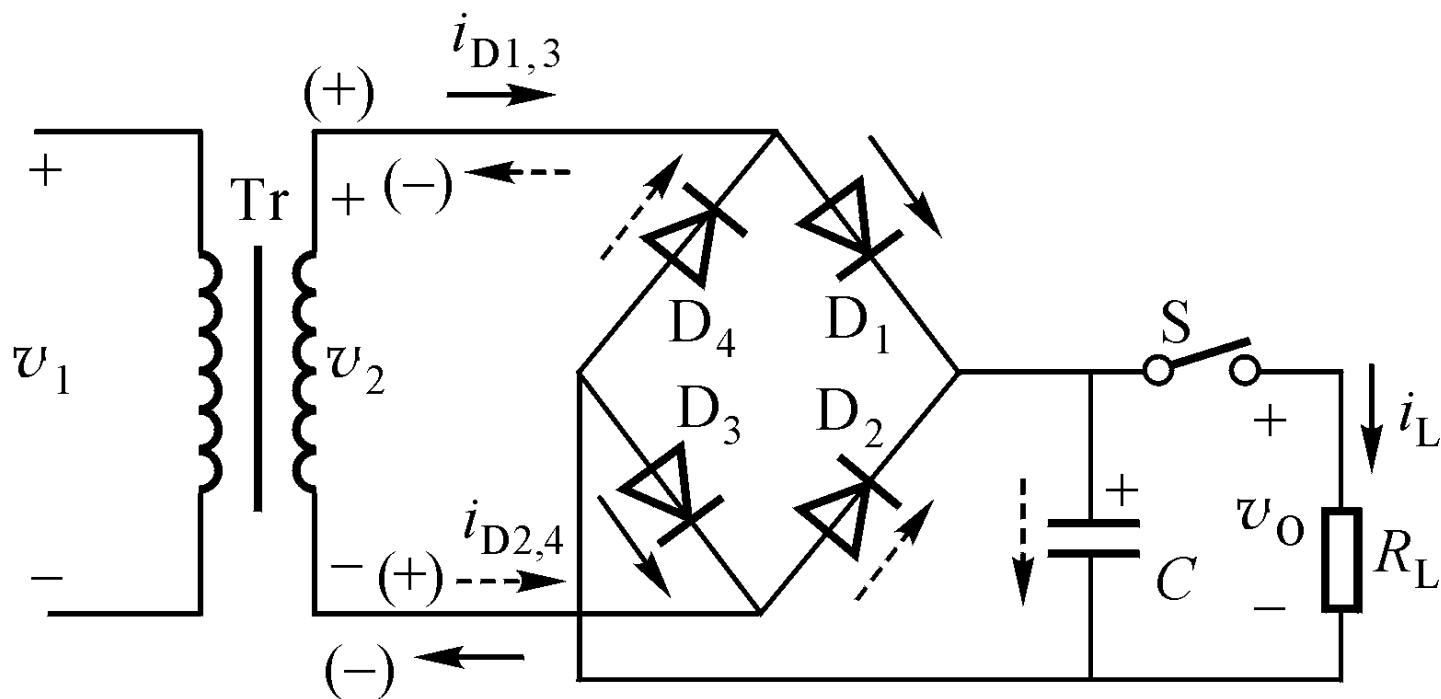
在一个周期中，
 D_1 、 D_3 和 D_2 、
 D_4 各轮流导通
一次。



全波桥式整流输出波形

➤ 电容滤波电路

✧ 在整流电路的输出端接入**足够大**的电容。



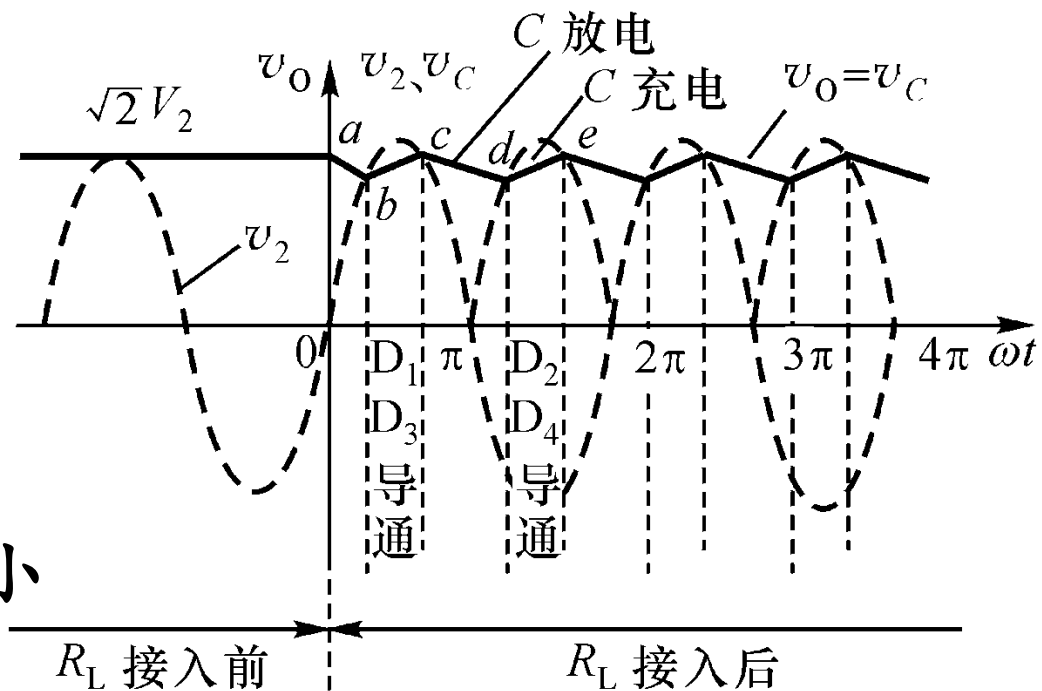
✧ 当开关S断开时, $v_C = \sqrt{2}V_2$

此时各个二极管是否导通？



✧ 当开关S合上时,

- C 放电较慢
- C 充电较快
- 波形变得平滑
- 二极管导通角变小





◇ 输出直流电压平均值 $V_{O(AV)}$

- 在 $R_L = \infty$ (空载) 时, 输出直流电压 V_O 为最大。

$$V_{O(AV)} = \sqrt{2}V_2$$

- 在 $R_L C$ 值很小时, 相当于无滤波电容的情况。

$$V_{O(AV)} \approx 0.9V_2$$

- 一般情况下, 可按下式估算:

$$V_{O(AV)} \approx 1.2V_2$$

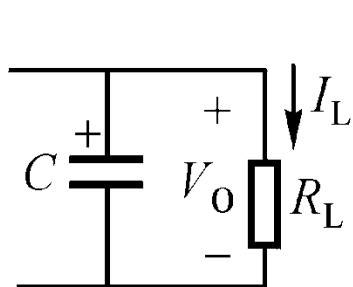
◇ 为确保二极管安全工作, 要求:

$$V_R = \sqrt{2}V_2 < V_{RM} \quad (\text{二极管允许的反向电压})$$

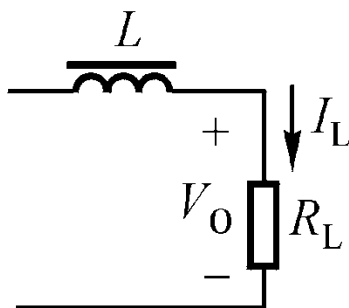
$$I_{D(AV)} = \frac{V_{O(AV)}}{2R_L} < I_F \quad (\text{二极管最大整流电流})$$

➤ 滤波电路形式

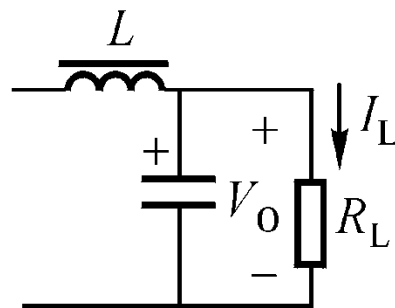
不同电子设备要求其电源电压的平滑程度不同，为此可采用不同的滤波电路。



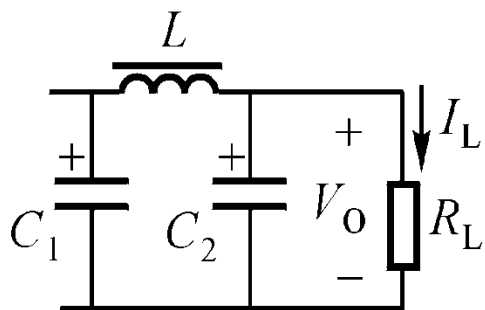
电容滤波



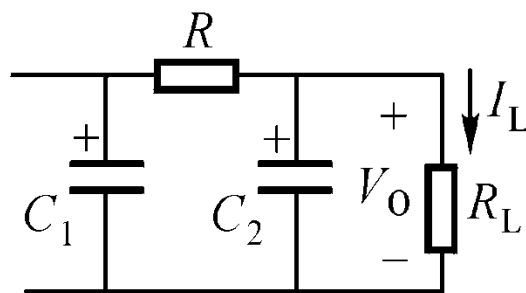
电感滤波



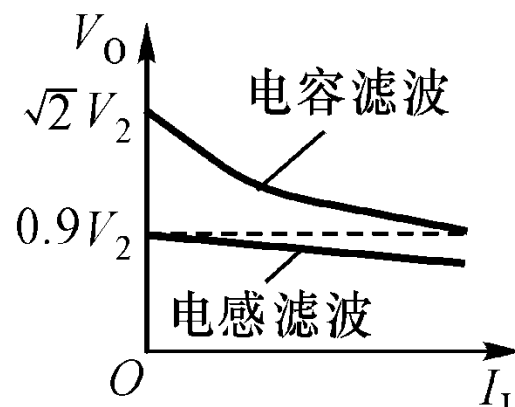
L型滤波器



LC- π 型滤波器



RC- π 型滤波器



负载特性曲线

二、线性串联型稳压电路

➤ 衡量稳压电路的性能指标

稳压电路输出电压的变化主要由输入电压变化和负载变化引起的。

$$\Delta V_O = \frac{\partial V_O}{\partial V_I} \Delta V_I + \frac{\partial V_O}{\partial I_L} \Delta I_L$$

✧ 稳压系数 S_r

$$S_r = \frac{\partial V_O}{\partial V_I} \approx \left. \frac{\Delta V_O}{\Delta V_I} \right|_{\Delta I_L = 0}$$

指输出电压的变化量与输入电压的变化量之比， S_r 远小于1。显然， S_r 越小，稳压电路的性能越好。



$$\Delta V_O = \frac{\partial V_O}{\partial V_I} \Delta V_I + \frac{\partial V_O}{\partial I_L} \Delta I_L$$

✧ 输出内阻 R_o

$$R_o = \frac{\partial V_O}{\partial I_L} = \left. \frac{\Delta V_O}{\Delta I_L} \right|_{\Delta V_I = 0}$$

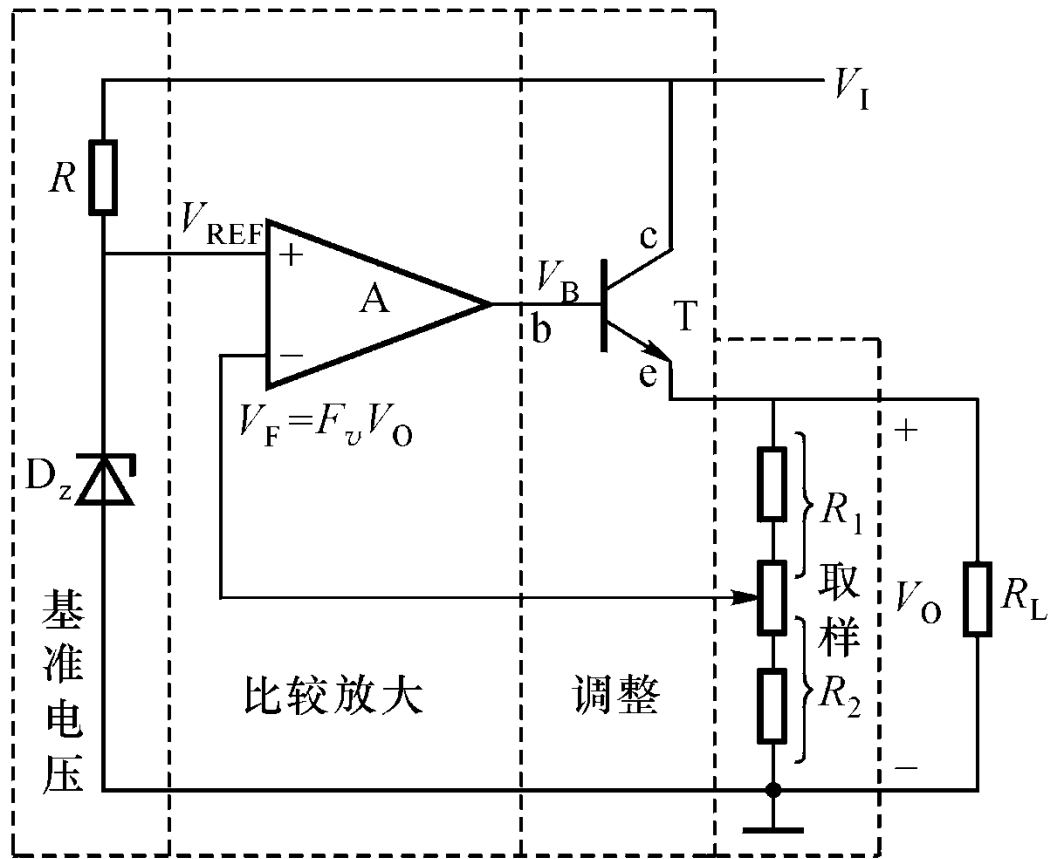
R_o 含义与放大电路 R_o 相似，通常在零点几欧姆以下。 R_o 越小，则负载特性越好。

➤ 稳压电路分类

- 线性稳压电路：三极管工作在放大区
- 开关稳压电路：三极管工作在饱和、截止区

➤ 线性串联型稳压电路

- ✧ V_I 是输入电压
- ✧ T 为调整管
- ✧ A 为比较放大电路
- ✧ V_{REF} 为基准电压
- ✧ R_1 与 R_2 组成反馈网络，对输出电压取样



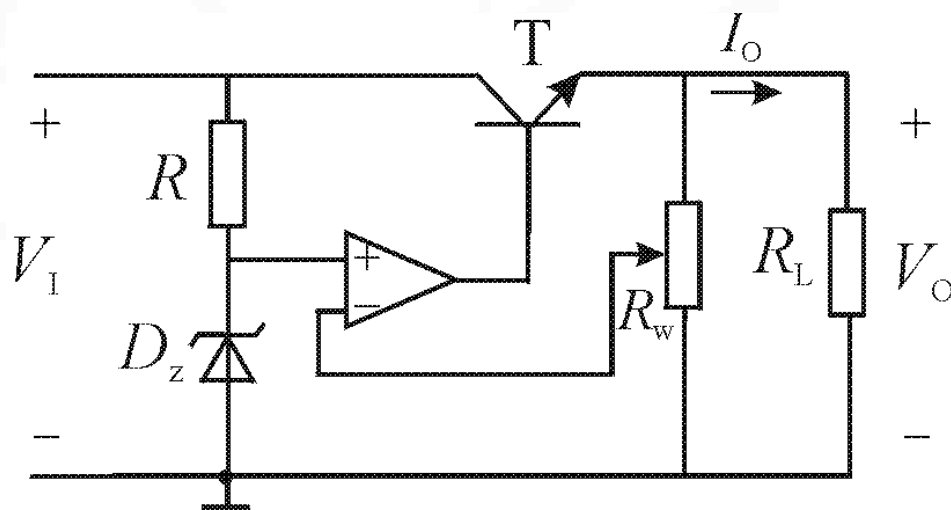
稳压电路的主回路由调整管T与负载相**串联**构成，且T工作在**线性**状态，故称为**线性串联型**稳压电路。



✧ 从反馈控制的角度来看

$$V_O = V_I - V_{CE}$$

V_O 由反馈网络取样，并经集成运算放大器放大后去控制调整管T的基极电压，从而改变调整管T的 V_{CE} 。



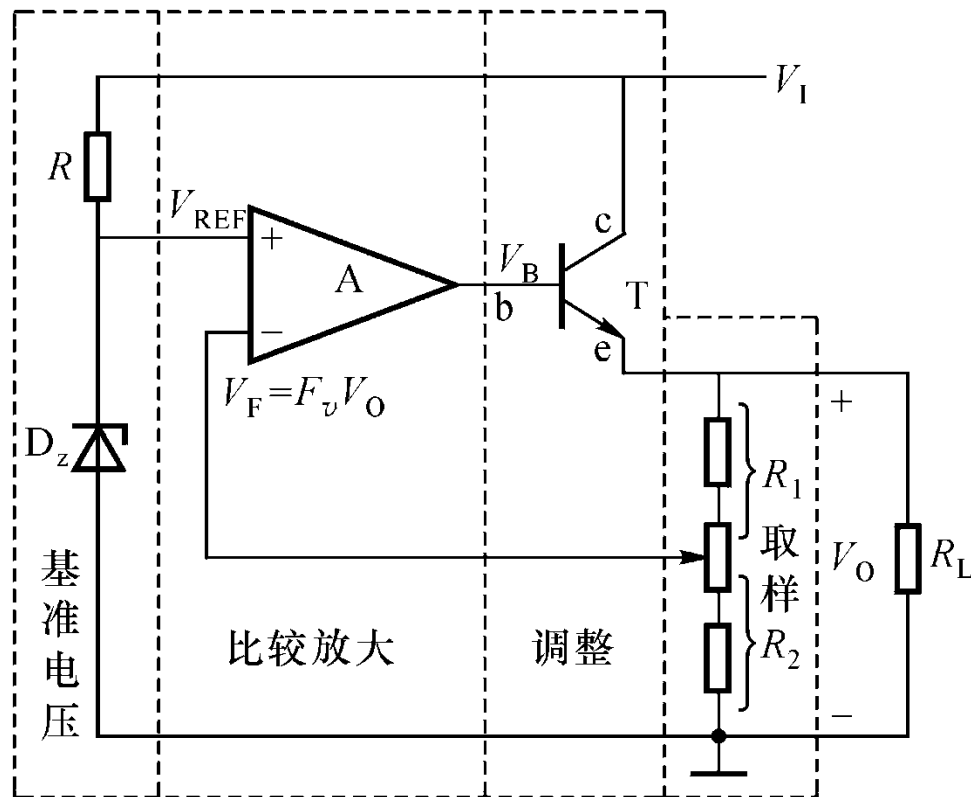
$$V_I \uparrow \Rightarrow V_O \uparrow \Rightarrow V_F \uparrow \Rightarrow V_B \downarrow \Rightarrow V_E \downarrow \quad (V_{CE} \uparrow)$$

✧ 从放大电路的角度来看

如把串联稳压电路看作反馈放大器（输入为 V_{REF} 保持不变，输出为 V_O ），则这种电路属于**电压串联负反馈**。

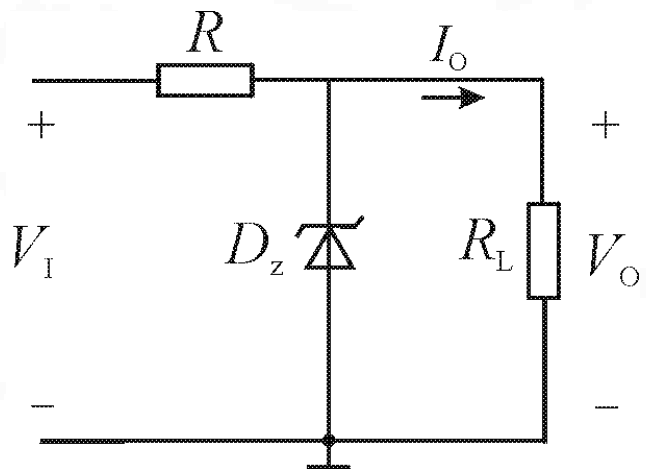
$$V_{REF} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_O$$

$$V_O = V_{REF} \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right)$$



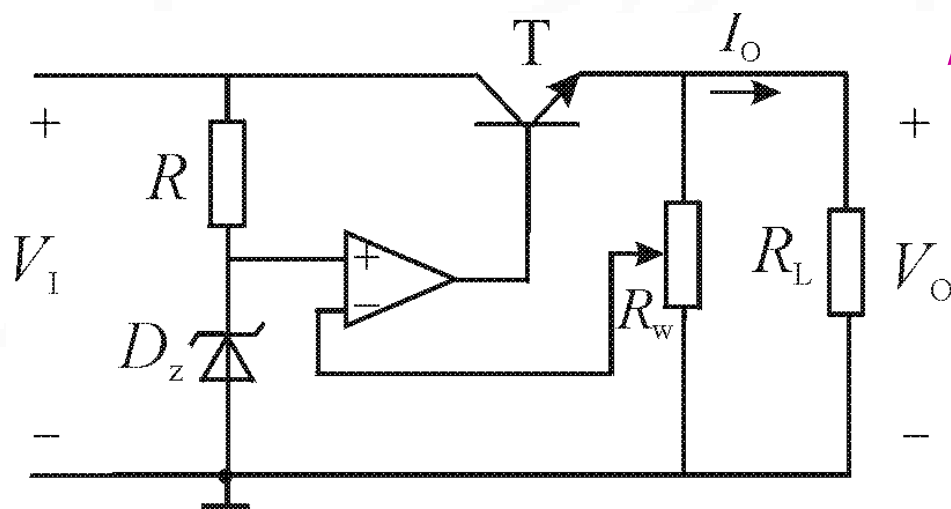
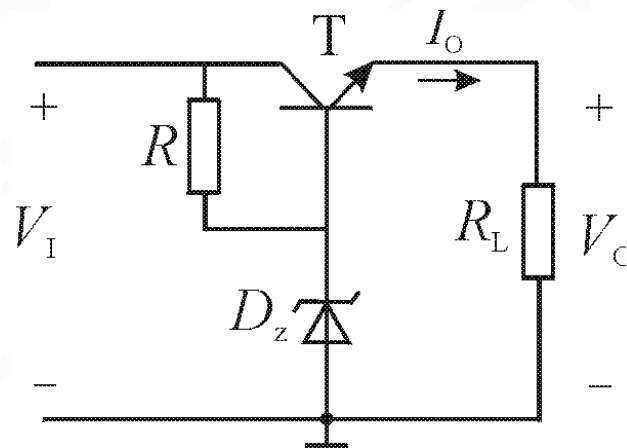


✧ 从稳压电路演变的角度来看



利用三极管的
电流放大作用

扩展输出电流
(功率)



利用电压负
反馈稳定输
出电压

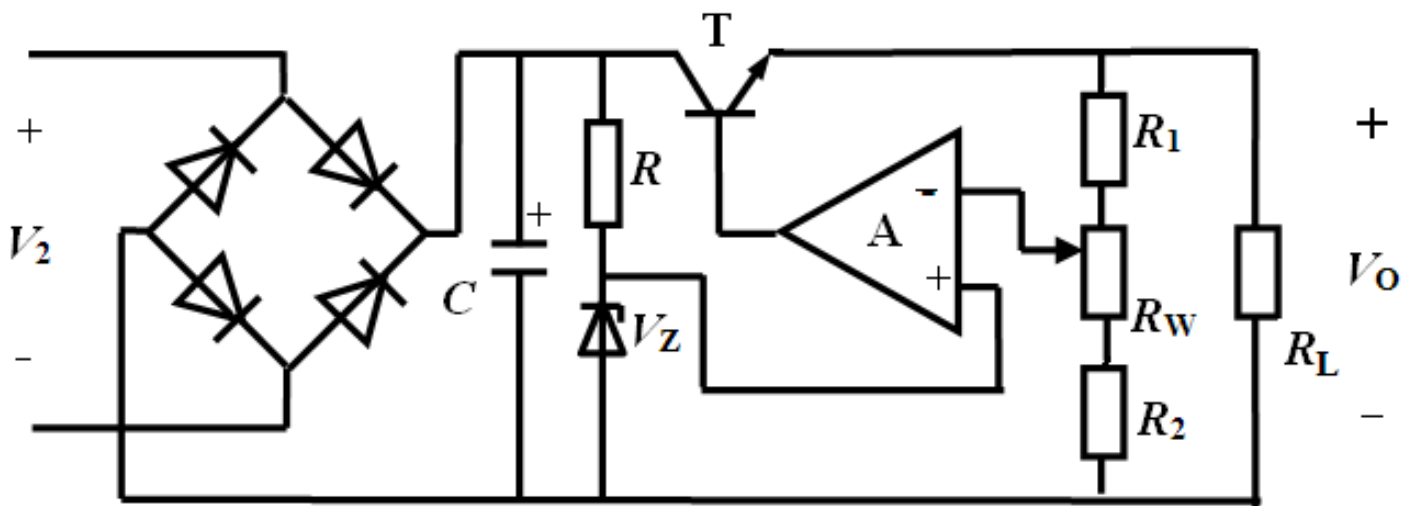


【例1】

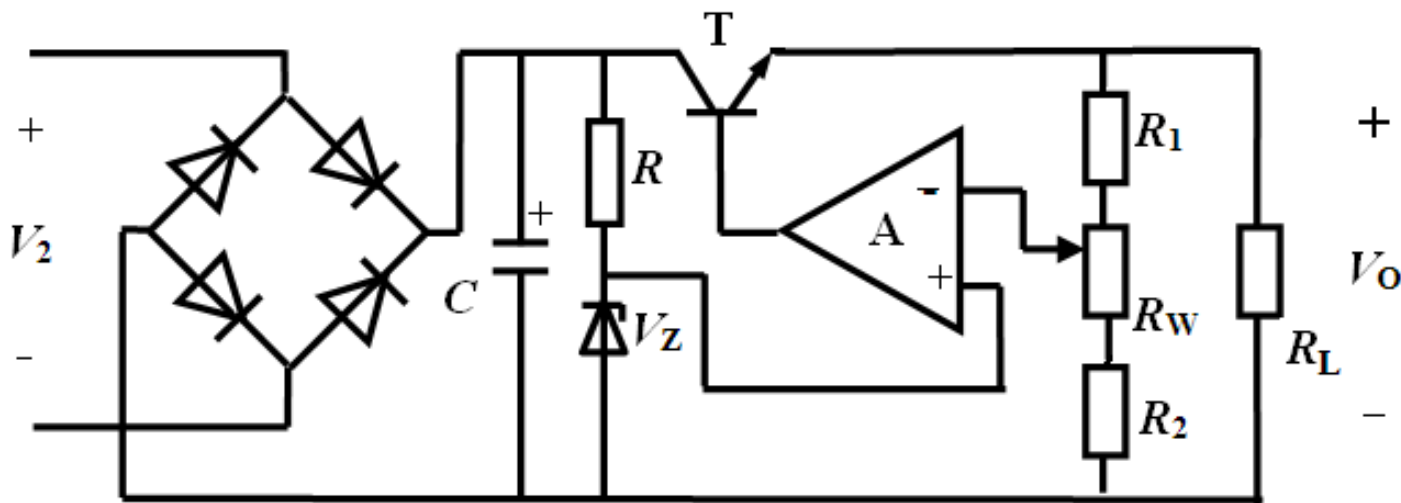
图示直流稳压电路，运放为理想运放， $R_1=R_2=2\text{ k}\Omega$ ， $R_w=1\text{ k}\Omega$ ， $R_L=100\text{ }\Omega$ ，稳压管 $V_Z=6\text{ V}$ 。

(1) 计算输出电压的调节范围（假设 V_2 足够大）。

(2) 当电位器 R_w 置于中点时，若调整管T上的电压 V_{CE} 为6伏，计算交流电压 V_2 的有效值，并求此时调整管的功耗。



【解】



(1) 求输出电压的调节范围

当电位器在最下端时:

$$V_{O\max} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_W + R_2} = V_Z$$

$$V_{O\max} = 15 \text{ V}$$

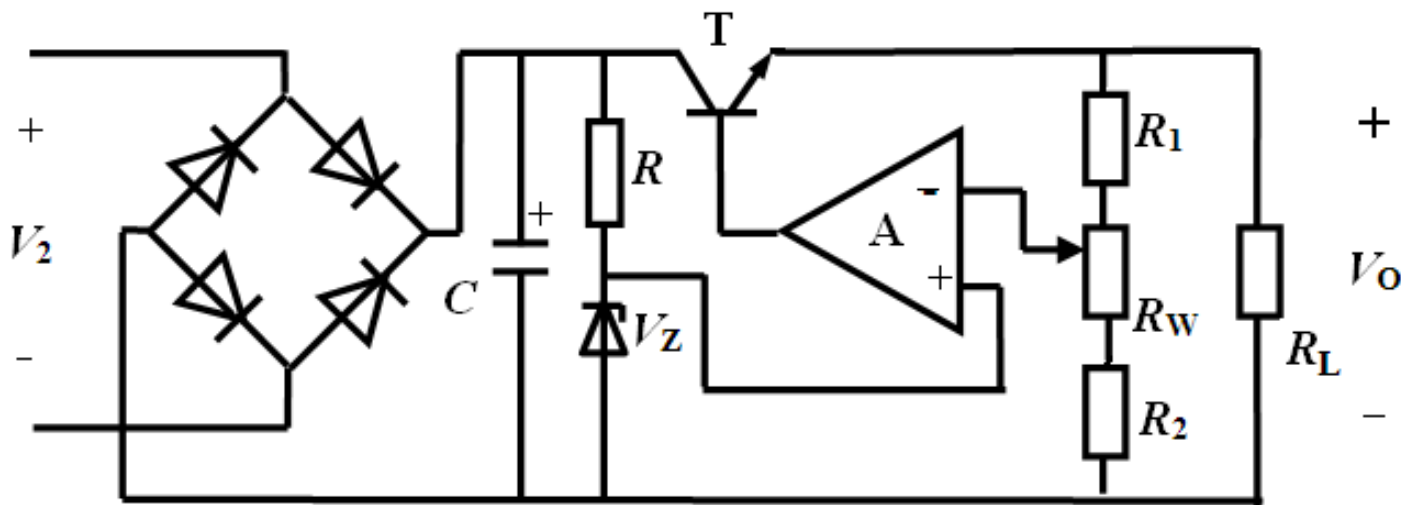
当电位器在最上端时:

$$V_{O\min} \cdot \frac{R_2 + R_W}{R_1 + R_W + R_2} = V_Z$$

$$V_{O\min} = 10 \text{ V}$$



(2) 当电位器中点，计算 V_2 、调整管功耗



当电位器位于中点时：

调整管功耗为：

$$V_O = 12 \text{ V}$$

$$V_C = V_O + V_{CE} = 18 \text{ V}$$

$$V_C = 1.2V_2$$

$$V_2 = 15 \text{ V}$$

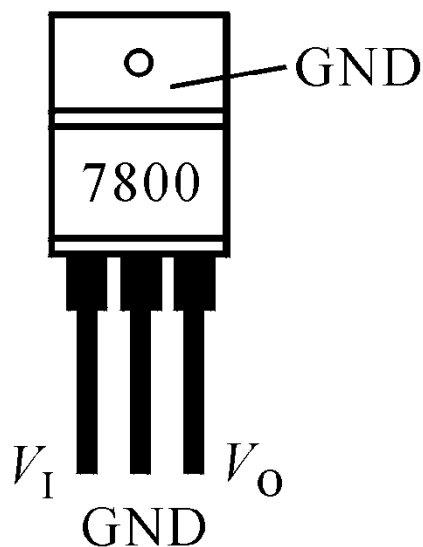
$$P_T = V_{CE} \cdot I_C$$

$$= 6 \times \frac{12}{100} = 0.72 \text{ W}$$

三、线性集成稳压电源（自学）

1、三端固定式集成稳压器

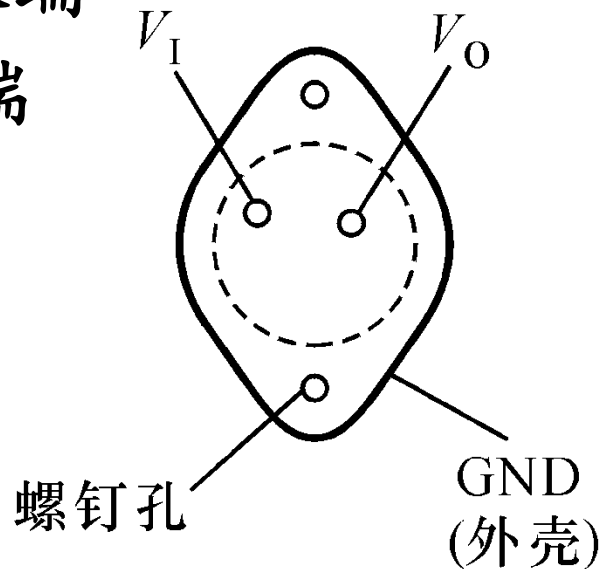
➤ 7800系列



- ◆ 塑料封装(TO-220)
- ◆ 最大功耗为**10W**(加散热器)
- ◆ V_I 为不稳定电压输入端
- ◆ V_O 为稳定电压输出端
- ◆ GND为公共接地端

- ◆ 金属壳封装(TO-3)

- ◆ 最大功耗为**20W**(加散热器)

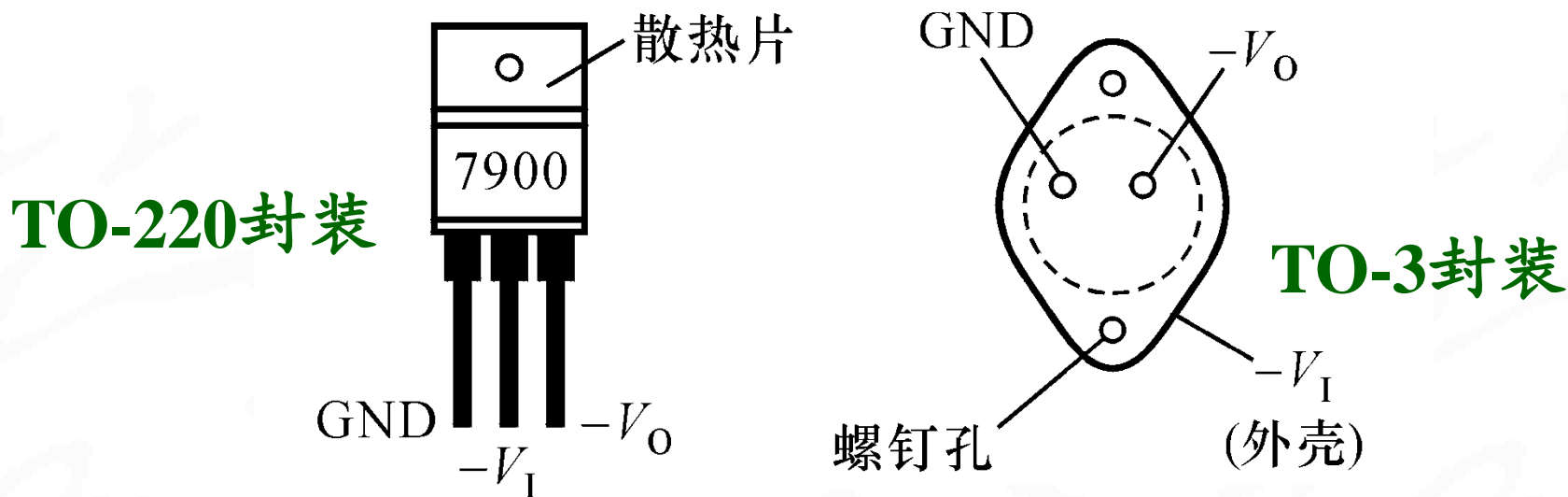




- ✧ 7800系列中输出稳定电压分为5V、6V、9V、12V、15V、18V和24V等多种
- ✧ 输出电压允许有 $\pm 5\%$ 的偏差
- ✧ 最小的输入-输出压差为2V，但为使工作可靠，一般压差应大于3~5V
- ✧ 最高输入电压 $V_I \leq 35V$
- ✧ 最大输出电流为**1.5A**

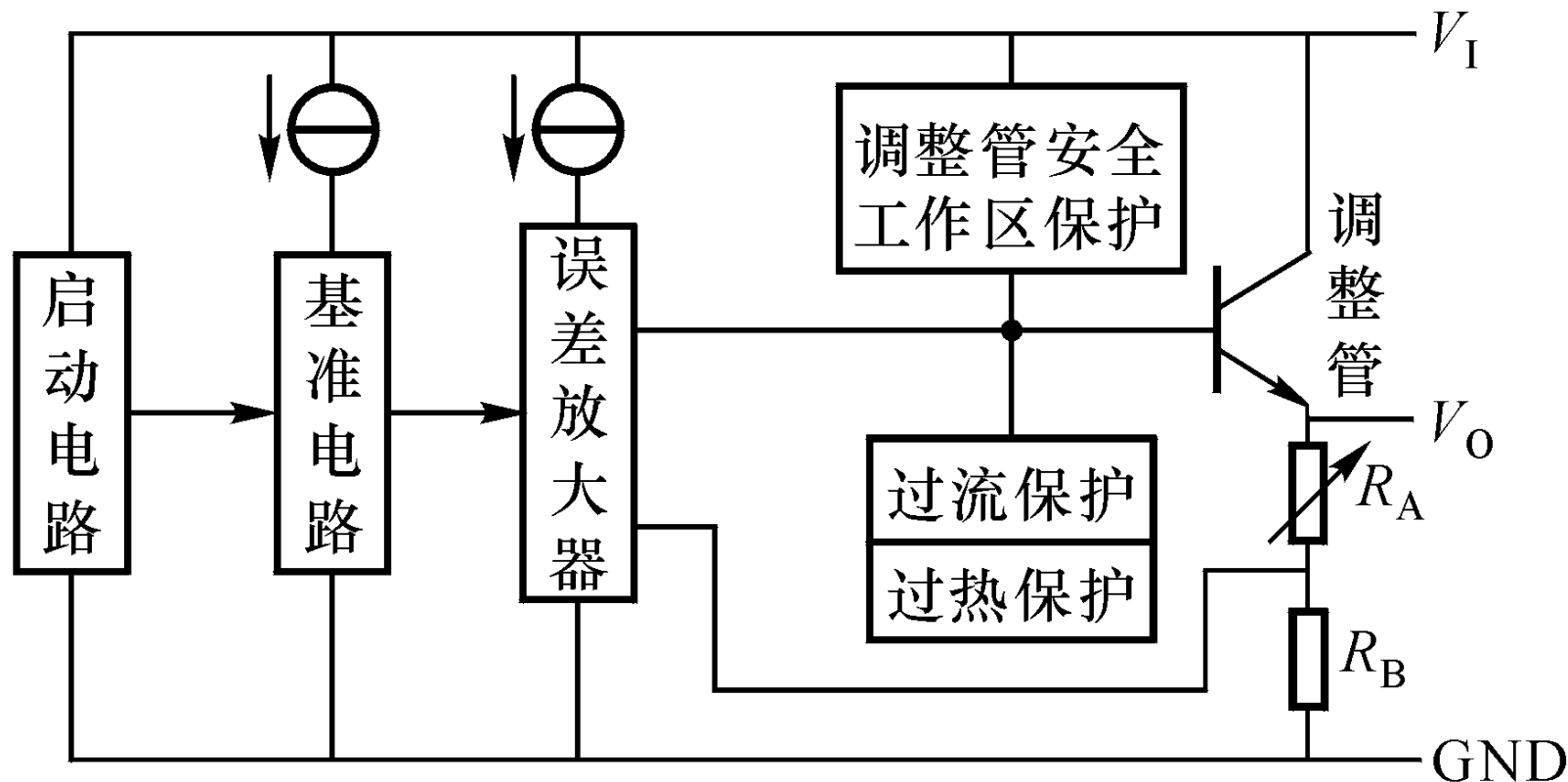
➤ 7900系列

✧ 7900系列属于负压输出，外形、电压系列、允许电流与7800系列完全相同，但管脚排列顺序不同。



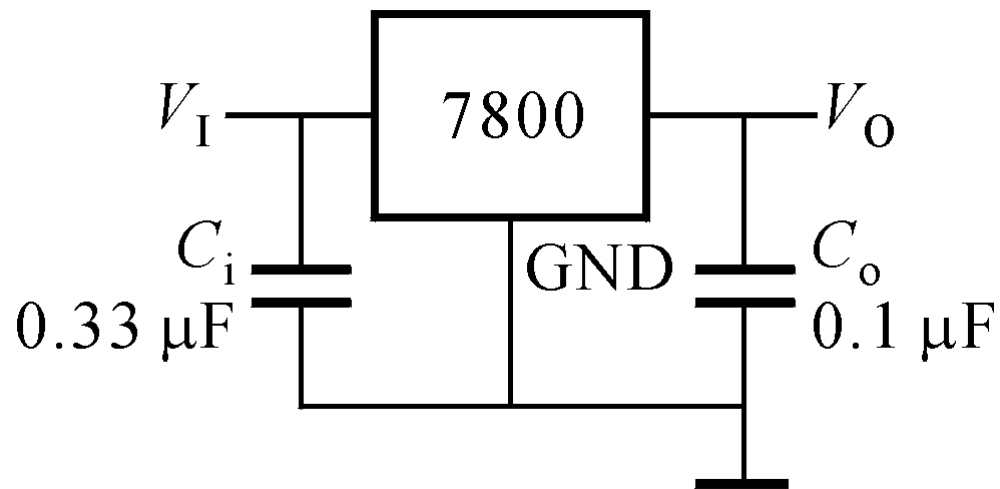
✧ 使用7800与7900时需要注意，采用TO-3封装的7800系列，其金属外壳为地端；而同样封装的7900系列，金属外壳是负压输入端。

三端集成稳压器原理框图



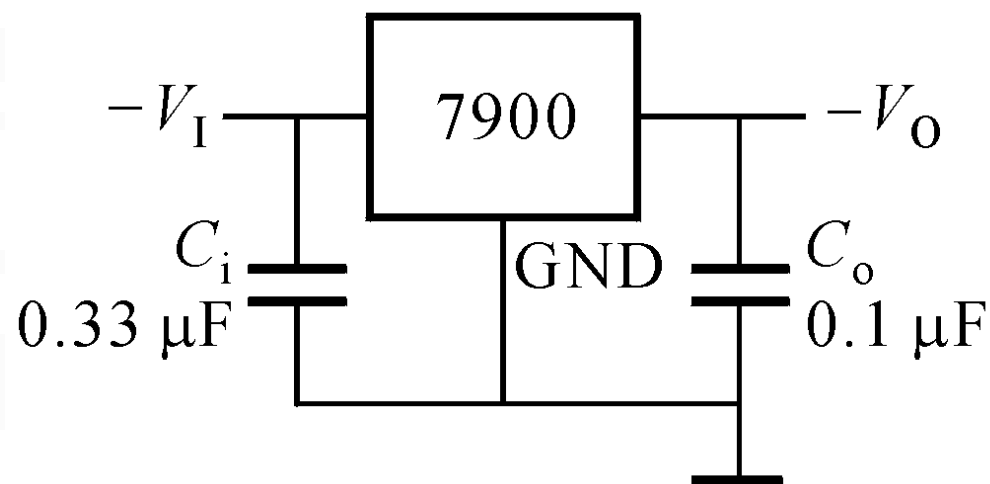
从原理上说，7800/7900系列集成稳压器属于线性串联型稳压电路。

典型电路



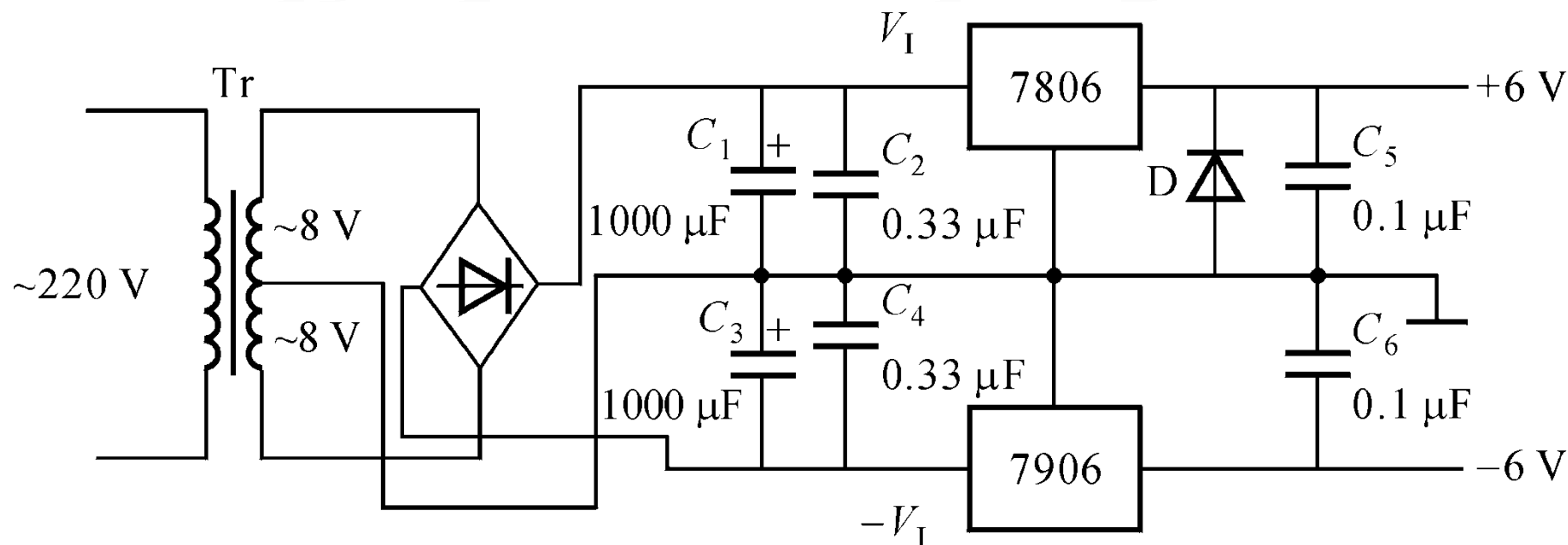
✧ C_i 是稳压器的输入电容，用于进一步减小高频纹波

✧ C_o 是稳压器的输出电容，用于改善负载的瞬态响应



◇ 能同时输出正负压的稳压电源

许多电子设备以及运算放大器等均需要正、负双电源供电，将7800与7900搭配使用，即可构成同时输出正压和负压的稳压电源。该电路的特点是可公用一套整流滤波电路。由于负载与电源公共地未连通，需增加二极管D起保护作用。



2、三端可调式集成稳压器

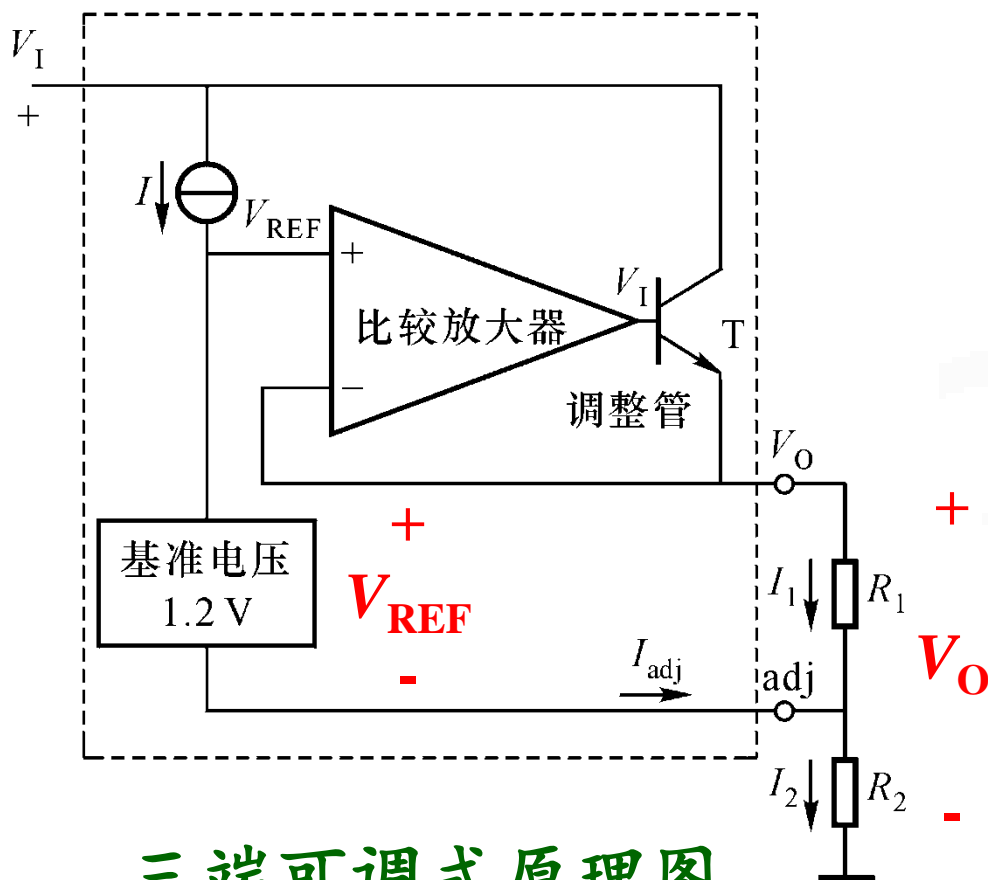
三个接线端称为输入端 V_I 、输出端 V_O 和调整端 adj 。

$$V_O = V_{REF} + \left(\frac{V_{REF}}{R_1} + I_{adj} \right) R_2$$

$$= V_{REF} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + I_{adj} R_2$$

LM317 的 $V_{REF} = 1.2V$,
 $I_{adj} = 50\mu A$, 由于调整端
 电流 $I_{adj} \ll I_1$, 故可以忽
 略。

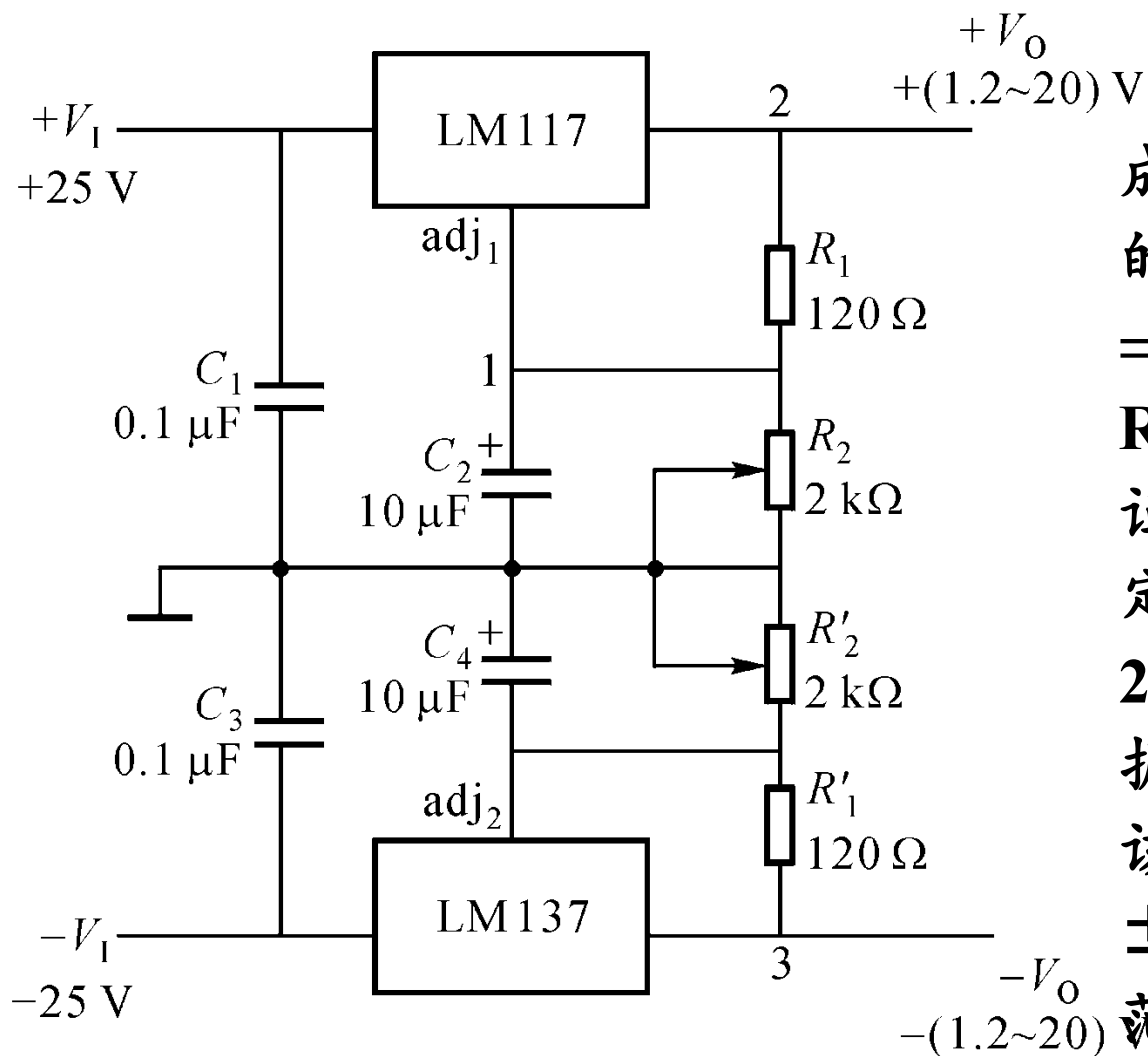
$$V_O = V_{REF} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$



三端可调式原理图



三端可调式稳压器的典型应用电路



由LM117和LM137组成的正、负输出电压可调的稳压器。电路中的 $V_{\text{REF}} = V_{31}$ (或 V_{21}) = 1.2 V , $R_1 = R'_1 = (120\sim 240)\text{ }\Omega$, 为保证空载情况下输出电压稳定, R_1 和 R'_1 不宜高于 $240\text{ }\Omega$ 。 R_2 和 R'_2 的大小根据输出电压调节范围确定。该电路输入电压 V_I 分别为 $\pm 25\text{ V}$, 则输出电压可调范围为 $\pm (1.2\sim 20)\text{ V}$ 。



本章重点提示:

- ✧ 理解功率放大的电路型式和工作原理。
- ✧ 会计算功放电路的指标。
- ✧ 了解 运放的扩流和集成功放。
- ✧ 理解整流、滤波的工作原理，会计算输出电压。
- ✧ 会分析线性串联型稳压电路的原理，会计算输出电压、调整管管耗。
- ✧ 了解 三端集成稳压器芯片及典型应用电路。



作业：

题3.3

题3.5

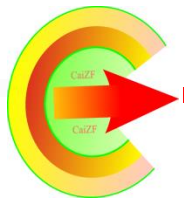
题3.11

题3.12

题3.15（选做）



Thank you for your attention



蔡忠法

Ver3.5

浙江大学电工电子教学中心

版权所有©

2019年